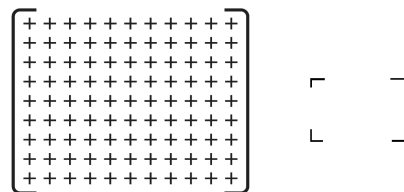


Fachhochschule Köln
Cologne University of Applied Sciences

Institut für Medien- und Phototechnik

Bachelorarbeit Medientechnik

Verhalten des Hybrid-Autofokus der Kamera Sony NEX-6



vorgelegt von

Caroline Wegener

Mat.-Nr. 11 06 20 53

Erstgutachter: Prof. Dr. Gregor Fischer (Fachhochschule Köln)

Zweitgutachter: Prof. Dr. Dirk Poggemann (Fachhochschule Köln)

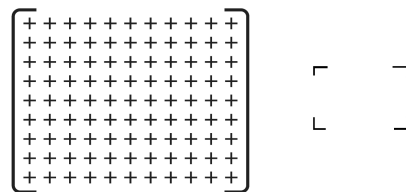
Mai 2014

Fachhochschule Köln
Cologne University of Applied Sciences

Institut für Medien- und Phototechnik

Bachelors Thesis

Behaviour of the hybrid autofocus of camera Sony NEX-6



submitted by

Caroline Wegener

Mat.-Nr. 11 06 20 53

First Reviewer: Prof. Dr. Gregor Fischer (Fachhochschule Köln)

Second Reviewer: Prof. Dr. Dirk Poggemann (Fachhochschule Köln)

May 2014

Bachelorarbeit

Titel: Verhalten des Hybrid-Autofokus der Kamera Sony NEX-6

Gutachter:

- Prof. Dr. Gregor Fischer (Fachhochschule Köln)
- Prof. Dr. Dirk Poggemann (Fachhochschule Köln)

Zusammenfassung: Hybrid bedeutet kombiniert. Der Hybrid-Autofokus ist die bisher bedingte Kombination des sog. Phasen- u. des sog. Kontrast-Autofokus. Lässt sich erkennen und messen, dass die eine Autofokus-Komponente unter bekannten Bedingungen ausfällt?

Stichwörter: Phasen, Kontrast, Blende, autofocus, Video

Datum: 5.5.2014

Bachelors Thesis

Title: Behaviour of the hybrid autofocus of camera NEX-6

Reviewers:

- Prof. Dr. Gregor Fischer (Fachhochschule Köln)
- Prof. Dr. Dirk Poggemann (Fachhochschule Köln)

Abstract: Hybrid means combined. The hybrid autofocus is up to the present the limited combination of the so called phase detection and the so called contrast autofocus. Is discernible and measurable that one of the autofocus components fails under known conditions?

Keywords: phase, contrast, aperture, autofocus, video

Date: 5 May 2014

Inhaltsverzeichnis

Glossar.....	2
1. Einleitung.....	3
2. Prinzipien der Autofokus-Komponenten.....	4
2.1 Fokus.....	4
2.1.1 Lichtstrahlen vor dem Bild-Sensor fokussieren.....	4
2.1.2 Schärfe des Motivs.....	9
2.2 Automatik mit Hilfe der Live-View (LV).....	11
2.3 Arbeitsprinzipien des hybriden Bildsensors.....	12
2.3.1 Kreuzsensoren für den schnellen Phasenaufokus.....	12
2.3.2 Messfelder für den genauen Kontrast-AF.....	16
3. Für die Versuche.....	18
3.1 Begriffsklärung für folgendes.....	18
3.2 Handbuchbedingungen für hybrides Fokussieren - erklärt.....	18
3.3 Konzept zur Untersuchung der Bedingungen.....	20
4. Untersuchungen Hybrid- versus Kontrast-AF.....	21
4.1 Foto vs. Video: Schärfeebene im Bildzentrum.....	22
4.1.1 Fotomodus & foto-verwandte Videovariante.....	22
4.1.2 Videos – normalerweise ohne Auslöser (AL).....	23
4.2 Foto vs. Video: Schärfeebene am Bildrand.....	25
4.2.1 Fotoversuche	25
4.2.2 Videoversuche	26
4.2.3 Gelingen des video-freundlichen Fokussierens ohne Auslöser.....	27
4.2.4 Videofokussier-Verhalten.....	30
4.3 Blende – schmal versus weit	31
4.3.1 Gedanken zum Versuch.....	31
4.3.2 Beobachtung mit Bestimmung der Messkriterien	32
4.3.3 Messwerkzeug für den Fokussiervorgang selbst konstruiert	32
4.3.4 Auswertung - Zwischenergebnis 14	34
4.4 Irritation, Vor- und Nachteile des AF als Zwischenergebnis15	35
4.4.1 Motiv mit gleichem Muster in alle Richtungen	35
4.4.2 Motiv mit gleichem Muster in zwei Richtungen	36
Gesamtergebnis	39
Zwischenergebnisse zusammengefasst.....	39
Ausblick in die Zukunft.....	43

Glossar

AF

Autofokus

AL

Auslöseknopf zum halben Durchdrücken zwecks Fokussieren in Fotos und Videos; bei Bedarf zum ganzen Niederdrücken bzw. Aufnehmen eines Bildes / mehrerer Bilder

LV

im Abschnitt 2.2 erklärte Live-View

1. Einleitung

In dieser Bachelorarbeit geht es um den Autofokus der Wechselobjektiv-Kamera Sony NEX-6, die 2012 erstmals verkauft wurde. Kennzeichen für gute Fotos und Videos sind scharfe Bilder. Das Motiv einer Bildaufnahme soll möglichst genau erkennbar sein und deshalb von der Kamera präzise fokussiert werden.

Erläutert werden die automatischen Komponenten im zweiten Kapitel.

Was während des Fokussierens geschieht und welche Bildschärfe-Fehler reduziert werden können, wird in Abschnitt 2.1 Fokus erklärt und mit Skizzen veranschaulicht. Einige Begriffe, die in der Abschlussarbeit erklärt werden, sind in grauer Schrift geschrieben.

Abschnitt 2.2 handelt von der Automatik und erwähnt im Gegensatz dazu Schwierigkeiten des manuellen Scharf-Einstellens. Die derzeit vielen und spontanen Aufnahmen durch Privatleute, aber auch durch professionelle Fotograf(inn)en sind wesentlich dem Autofokus geschuldet: vor einer Aufnahme muss nur ein Knopf gedrückt werden, um Bildschärfe zu erreichen, wie zum Beispiel im Publikum einer Großveranstaltung, wo Kameras zum Fotografieren ohne visuelle Überprüfung über die Köpfe anderer gehalten werden.

Kapitel 3 bereitet die Versuche zu folgender Fragestellung vor:

- Lässt sich erkennen und messen, dass die eine Autofokus-Komponente unter bekannten Bedingungen ausfällt?

Versuche zum einen und Gedanken zu einem schwierigen Test vermittelt Kapitel 4.

Zur Orientierung innerhalb der Teilversuche dienen *Zwischenergebnisse* und *Beispiel-Aufnahmen*.

Jede *Aufnahme* ist entweder vollständig oder in ihrem wichtigsten Bildausschnitt gezeigt.

Sie oder ihre Aufnahme-Serie aus z. B. 20 Fotos ist gekennzeichnet durch einen Dateinamen in Anführungsstrichen oder in grauem Zeilenhintergrund. In runden Textklammern befinden sich die Speicherorte der Serien „A“ bis „Z“. Sie können auf Anfrage auf einem mindestens 8GB großen Speichermedium erhalten werden.

Nach den Kapiteln sind aussagekräftige Zwischenergebnisse zusammengefasst. Ebenso wird ein Ausblick in die Zukunft gegeben.

2. Prinzipien der Autofokus-Komponenten

2.1 Fokus

2.1.1 Lichtstrahlen vor dem Bild-Sensor fokussieren

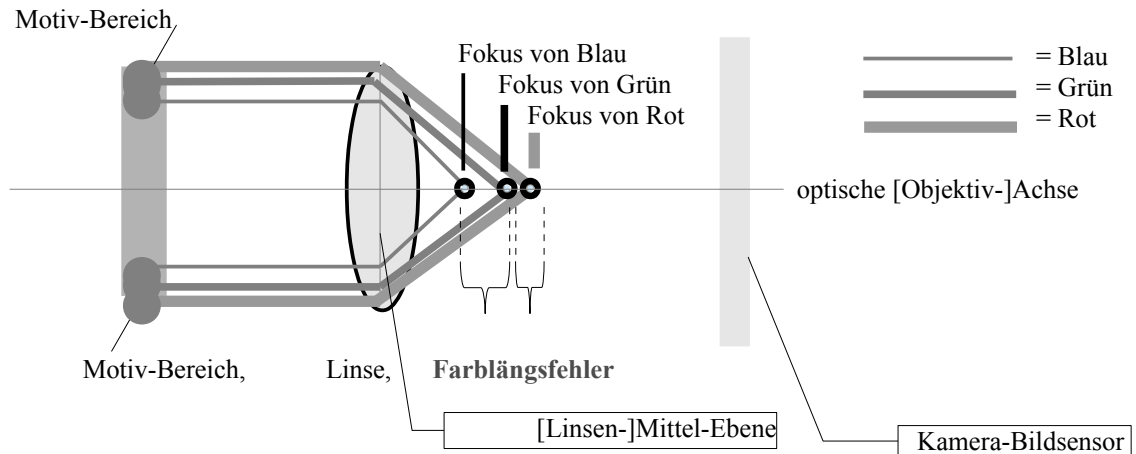
Beim Wort Fokus (lat. focus = Feuerstätte) [1] handelt es sich um den Brennpunkt. Hier ist die Bündelung von Lichtstrahlen gemeint. Sie geschieht beispielsweise beim Durchleuchten einer konvexen oder konkaven Glaslinse [2].

Im Brennpunkt könnten theoretisch die vielen Strahlen eines selbstleuchtenden Körpers, wie der Sonne, hohe Temperaturen hervorrufen und Papier nach einigen Sekunden zum Brennen bringen [3]. Fotografiert oder auf Video aufgenommen wird in der Regel kein grelles Motiv, sondern eines, das Lichtanteile absorbiert; es reflektiert nur restliche Lichtanteile unterschiedlicher Farben in Richtung Kameralinse(n). Würde ein selbstleuchtender Gegenstand aufgenommen, käme es in der Kamera unter vielen, gleichzeitigen Bedingungen zu Hitzeschäden[4]; außerdem würde man *anstelle der Motiv-Details* nur helle Pixel sehen (Fehler „blooming“ [5]).

Lichtstrahlen durchlaufen eine Linse und nach ihr *einen gemeinsamen Brennpunkt*, wenn sie gleichfarbig und vor dem durchsichtigen Körper *beispielsweise parallel zueinander* sind (s. „Skizze“). Denn jede Farbe (Wellenlänge) wird dabei an den gleichmäßig gekrümmten Linsen-Oberflächen jeweils in einem eigenem, sog. Brechungswinkel zu einem spezifischen *Fokus* hin *abgelenkt* [6].

Der Brechungswinkel entsteht je nach Einfallswinkel sowie wellenlängen- und linsenmaterial-abhängiger Lichtgeschwindigkeit: je mehr Wellenlänge, desto schnelleres Tempo, desto weniger Ablenkung an einer Material-Oberfläche. Es kommt zur Ablenkung, weil sich Licht in der Linsenumgebung schneller/langsamer als in der Linse selbst ausbreitet.

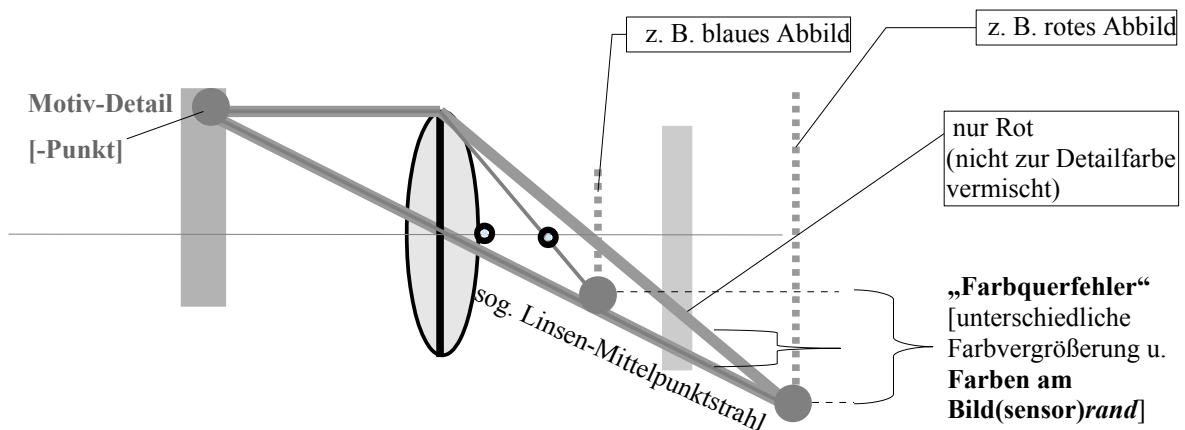
Rot wird in einer bestimmten Glassorte schwächer gebrochen als das Blau mit seiner kürzeren Wellenlänge; damit liegt der rote Fokus *hinter* dem blauen (Farblängsfehler s. „Skizze“)[7]:



Skizze 1: Fokus pro Farbe (Farblängsfehler) & pro Linse [7, gez. Caroline Wegener]

zunächst nur fokussierte Lichtstrahlen

Infolge der Farblängsfehler (s. Skizze1) vor und nach dem grünen Fokus hat ein Motiv-Detail, das immer mehrere Wellenlängen entsendet, farblich verschiedene, hintereinander liegende Abbilder (s. „Skizze2“).



Skizze 2: Folgen der Farblängsfehler [8, gez. Caroline Wegener]

Details wurden noch nicht auf dem Sensor visualisiert bzw. zu Bildpunkten

Den grünen, mittigen [8], [9] Fokus betrachtet man als idealen Brennpunkt. - Bei zustande gekommenen Farblängsfehlern ist die Linsen-Entfernung zum Bildsensor so eingestellt, dass wenigstens das grüne Motiv-Abbild auf dem Sensor liegt. Ein Motiv-Abbild besteht aus Bildpunkten (punktförmig abgebildeten Details).

In der Skizze 2 entstehen exemplarisch ein blauer und ein roter Bildpunkt. Sie ergeben sich entsprechend der geometrischen Optik einerseits mit dem Einzeichnen des sog. Mittelpunktstrahls durch die Linsenmittelebene von je einem bunten, immer punktförmigen Motiv-Detail aus; andererseits durch Weiter-Zeichnen des erst parallelen (sog. achsenparallelen) Strahls je Detail jeweils durch seinen farblichen Fokus hindurch[2]. Pro Detail schneidet ein paralleler Strahl zur optischen Objektiv-Achse seinen zugehörigen Mittelpunktstrahl. Der Schnittpunkt ist der Bildpunkt; der rote Bildpunkt befindet sich wegen des Farblängsfehlers „hinter“ dem blauen bzw. weiter vom Motiv entfernt und somit näher am Fotosensor.

Farblängsfehler sind an schmalen, hellen Bild(sensor)stellen als *einfarbige* Schlieren sichtbar [8]. Denn einige dieser Stellen immer mit vielen Wellenlängen wären für folgendes zu dünn: als dass sich an ihnen auf dem Bildsensor alle - hintereinander ankommenden - Farben trafen und sie sich dort zur hellen Originalfarbe additiv vermischten. Die minimalen Farblängsfehler *hängen stark vom Objektiv ab* [10]; sie erscheinen *immer wieder in Aufnahmen* z. B. der Testkamera Nex-6 mit E-Mount SEL50F1.8-Objektiv. Hier ein Beispiel-Bild `_DSC6338` aus Dateiordner „R___“ → „SW_Tafel“ (bitte verkleinert wie hier im Text ansehen, damit die einfarbigen Stellen konzentrierter und damit auffälliger sind).

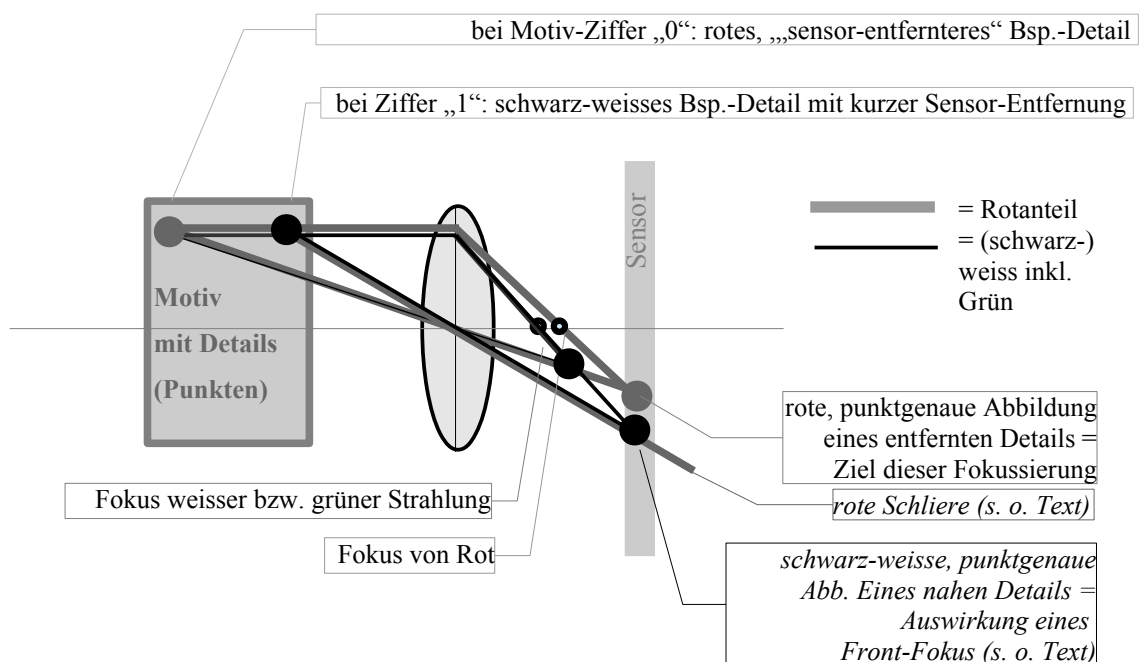


1. Probefoto: Farblängsfehler (unabhängig von Versuchen zu Hybrid-/Nicht-Hybrid-AF)

Um den fokussierten, schwarzen Nullpunkt herum sieht man z. B. auf Kameradisplay & PC zur Kamera hin rötliche Streifen und von ihr weg bläuliche [Foto: Caroline Wegener]

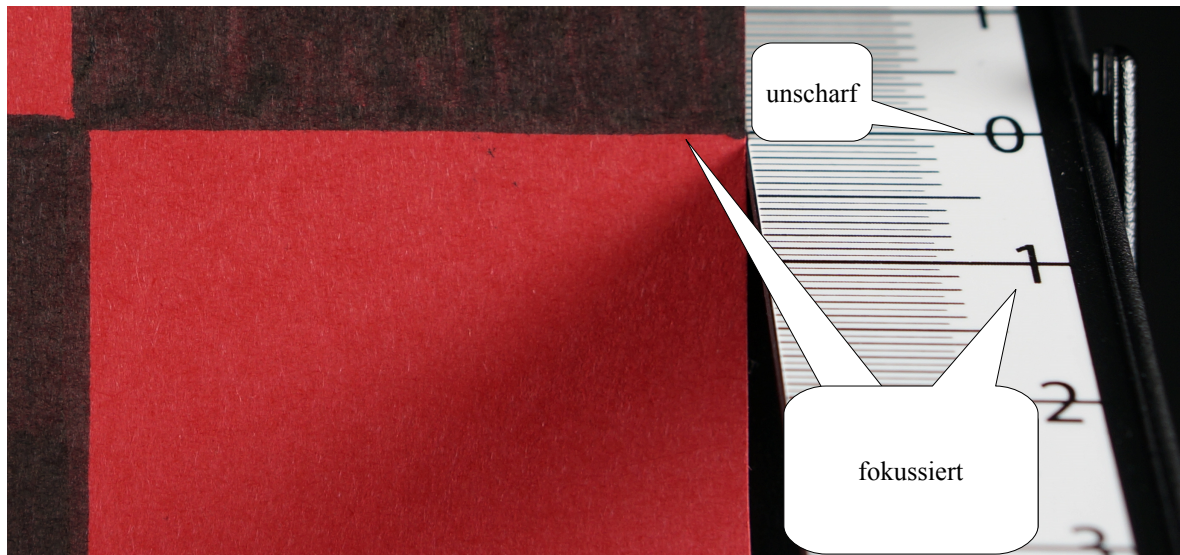
Ist ein überwiegend rotes Motiv so fokussiert, dass es punktgenau auf dem Sensor abgebildet wird, können als Fehler im Bild Blau und Grün hinter ihm erscheinen [8]. U. a. Foto DSC6408 lässt das erkennen (bei besonderem Interesse s. Anhang: Dateiordner R → „ZusatzRGB“). Die fokussierte, rote Motiv-Fläche hatte sich während der Aufnahme an der schwarzen Ziffer „0“ der weissen Motiv-Skala befunden. Im Foto erscheinen zwei merkwürdige, erklärbare Farbfehler bei der Ziffer „1“, die weniger vom Bildsensor entfernt war als die „0“:

- sowohl eine rote Schliere (s. Skizze3) aufgrund des Farblängsfehlers, denn der rote Lichtanteil der „1“ ist nicht so fokussiert, dass er punktgenau den Sensor erreichen würde; er würde erst nach dem Sensor Bildpunkte hervorrufen;
- als auch die Auswirkung eines Frontfokus (zu frühen Brennpunktes für Lichtstrahlen schwarz-weisser Details der Ziffer „0“ auf der Skala) bei diesem Objektiv sowie dieser Fokussierung; so reichten diese Strahlen nicht zum Sensor; s. „...Ziffer 1“ in Skizze3): Anstelle der S-W-Details wurden nur kürzer vom Sensor entfernte S-W-Linien bei der „1“ auf dem Sensor Punkt für Punkt abgebildet.



Skizze 3: gefolgerte Erklärung für merkwürdiges Rot-Fokussieren [8, gez. Caroline Wegener]

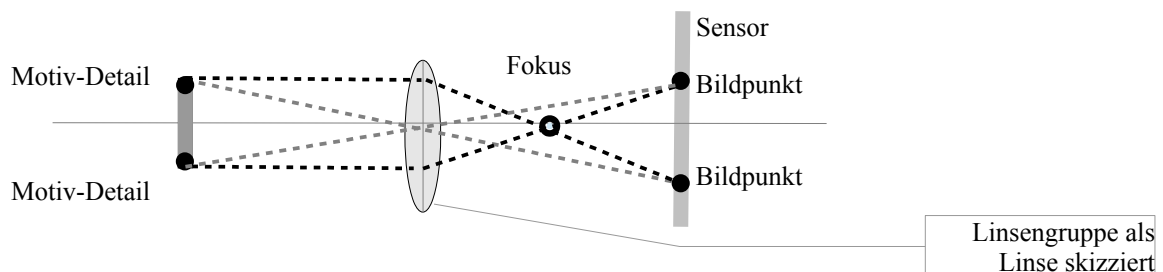
fokussiert war in 1. Probefotos: rote Fläche bei unfokussierter Skalaziffer „0“ & S-W-Linie erst bei „1“



2. Probefoto: merkwürdiges Rot-Fokussieren [Caroline Wegener]

fokussiert war in 1. Probefotos: rote Fläche bei unfokussierter Skalaziffer „0“ u. S-W-Linie erst bei „1“

Eine *weitgehende Korrektur* der Farblängsfehler geschieht im Kameraobjektiv durch mehrere *Linsen* aus verschiedenen Materialien. In solch einer *Linsen-Gruppe* kann Rot z. B. in einem Material stärker gebrochen werden als Blau. Pro *Linsen-Gruppe*, die vereinfachend als einzelne Linse skizziert ist, wird ein gemeinsamer Fokus für alle Farben (s. Skizze4) angestrebt:



Skizze 4: ungefähre Fokus aller Farben zusammen[2, gez. C. Wegener]

Seine Linsengruppe ist in diesem Beispiel die einzige vor einem Bildsensor

Somit befindet sich das ganze Fotomotiv aus mehreren Farben pro Detail vor dem Kamera-Bildsensor in einem einzigen Punkt, im Fokus [2]. Innerhalb des Brennpunktes erkennt man das Abbild eines einzelnen Motiv-Details nicht, weil durch diesen Fokus auch Strahlen anderer Details laufen.

Mit *Hilfe* des Fokus' und mehrerer Mittelpunktstrahlen (s. o.) pro Linsengruppe, wobei zur Übersicht nur ein Mittelpunktstrahl eingezeichnet ist, kann das Objekt originalgetreu, Punkt für Punkt, abgebildet werden: Nach jeder Linsengruppe entsteht das Motiv-Abbild; bei *jeder Linse in der Gruppe* hat der annähernd realitätsgetreue Mittelpunktstrahl einer

Linse pro Detail eine *Steigung* - je nach der Entfernung des Motiv-Details zu dieser Linsengruppe (sog. Objektweite; Gegenstandsweite gemessen bis zur Objektivmitte) und je Detail-Höhe (sog. Gegenstandshöhe).

Nur wenn seine Steigung pro Motivdetail so liegt, dass er seinen detail-zugehörigen, durch den *Fokus* verlaufenden Strahl schneidet, entsteht das Abbild. Es befindet sich in der Bildweite genannten Entfernung von einer Linsengruppe.

Wenn sich diese Strahlen einer Gruppe im Objektiv auf dem Bildsensor schneiden, ist der Fokus dieser Gruppe eingestellt; damit ist die nun zum Sensor reichende Bildweite an die Objektweite angepasst.

Im verwendeten Objektiv der Testkamera befinden sich 8 Gruppen [11]. Zur Übersichtlichkeit wird eine Gruppe, sogar nur eine Linse skizziert.

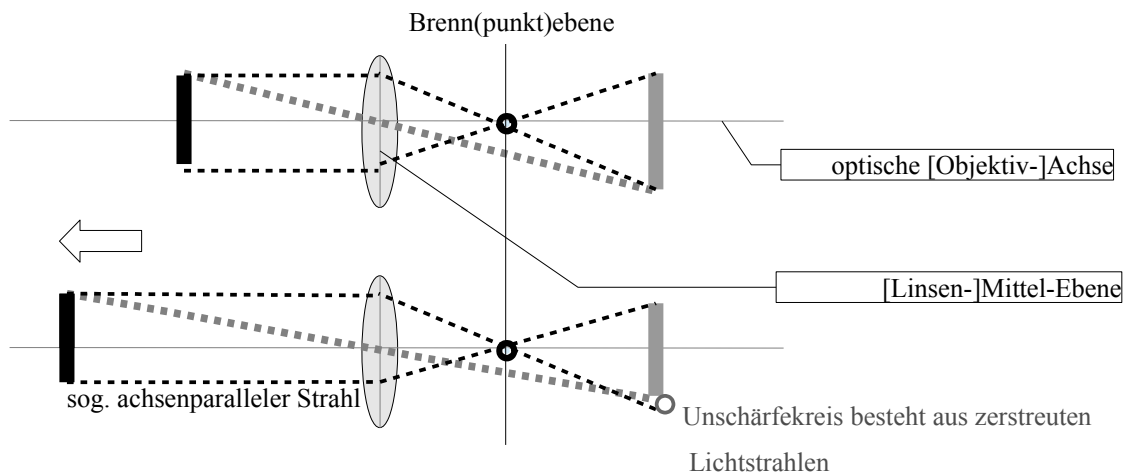
2.1.2 Schärfe des Motivs

Für die meisten Menschen ist ein Motiv-Detail als Bildpunkt *scharf* zu erkennen...

... *wenn* das Detail z. B. einen ungefähren Durchmesser von 0,087 Millimetern hat, während es aus 30 Zentimetern Entfernung [12] betrachtet wird und somit die richtige optische Auflösung etwa auf dem Kameradisplay repräsentiert / in der Realität hat; dann ist es klar getrennt vom Nachbardetail sichtbar;

... *sobald* sein Übergang in das Nachbardetail kürzer als die beispielsweise 0,087mm – und damit nicht mehr sichtbar - ist; je kürzer der Übergang, je dünner der Rand des Unschärfekreises (s. Skizze5) pro Motiv-Detail, desto schärfer die Abbildung und stärker der Kontrast zwischen den Details.

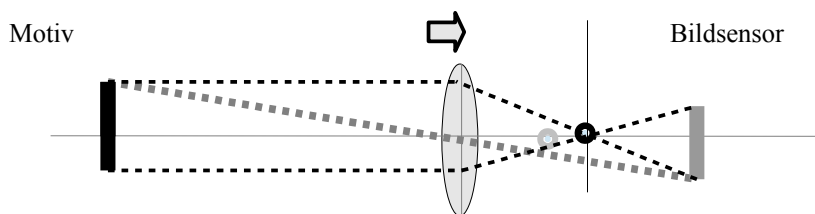
Wenn sich das fokussierte Motiv vom Kameraobjektiv beispielsweise *entfernt*, ändert der Mittelpunktstrahl [2] pro Detail seine Steigung; dann schneidet er nicht mehr seinen erst achsenparallelen Strahl; folglich wird das Motiv unscharf (s. Skizze5) bzw. kontrastärmer; der Rand des Zerstreuungskreises wird breiter:



Skizze 5: Motiv entfernt sich unvorhergesehen [2, 13, gez. C. Wegener]

Linsen(ngruppe) mit ihrem Fokus liegt folglich an falscher Stelle

Für eine deutlichere Abbildung muss erneut *fokussiert* bzw. müssen die harten Linsen mit ihrer jeweiligen, gleichbleibenden Brennweite (Distanz zwischen Linsenmittelebene u. Brennpunkt) verschoben werden (s. Skizze6), sodass eine Bildweite zum Sensor reicht; beim *Autofokus* passiert das *Verschieben* z. B. *per Antippen des Bildauslöser-Knopfes*.



Skizze 6: Linse ist verschoben [2, gez. C. Wegener]

führt zu „richtig“ gelegenen Fokus für eine scharfe Abbildung auf dem Fotosensor

In der fokussierten Motiv-Entfernung vor der Kamera liegt die sog. „Schärfeebene“ [14]: Sie verläuft parallel zum Bildsensor und geht zu allen Seiten über das Motiv hinaus. Diese nicht gekrümmte Fläche wird auf dem Sensor durch maximale Bildschärfe repräsentiert.

In 15 Beispiel-Fotos, die mit der NEX-6 von einer bildzentralen Testtafel aufgenommen wurden, lag die Schärfeebene wie erwünscht auf der Tafel. Hinter und vor dem Motiv nahm die Schärfe idealerweise gleichmäßig ab (bei besonderem Interesse s. Anhang: Ordner R → SW_Tafel, Fotos 6308-6338).

Ablesen kann man den Ort der Ebene an der in „1.1.1“ bei den Farblängsfehlern erwähnten und gezeigten, fototechnischen Skala. Diese hat einen Nullpunkt in der Motiv-Entfernung

und größer werdenden Zahlen sowohl vor als auch hinter der Null. Die Zahlenskala ist am möglichst bildsensor-*parallelen* Motiv montiert, und zwar im 45-Grad-Winkel. Auf diese Weise erkennt man alle Ziffern hintereinander.

Die wie bei einem Lineal ähnlichen Einheiten liegen jeweils mehr als einen Millimeter auseinander. Durch die Kamera betrachtet und wegen der Verrechnung mit dem einfachen Winkel entsprechen sie Millimeter-Abständen von der Kamera weg.

Anmerkung: Wäre die Skala im 0-Grad-Winkel angebracht, zeigte sie nur parallel zum Motiv und Sensor nach oben und unten, aber nicht vor und hinter die Motiv-Distanz; befände sie sich im 90-Grad-Winkel, verlief sie genau auf die Kamera zu und wäre somit zwar ein Maß für die Distanz zwischen Kamera und Motiv, aber man könnte ihre Einheiten nicht erkennen.

Vor und hinter dem fokussierten Objekt erstreckt sich im Objektiv die Schärfentiefe (Strecke mit der Bildschärfe; Dateiordner Q, [15]). Es handelt sich um die Strecke mit *eng gebündelten Lichtstrahlen* (*dünnem/unsichtbarem Unschärfekreis*).

2.2 Automatik mit Hilfe der Live-View (LV)

Das beschriebene und skizzierte Linsen-Verschieben (s. Skizze6) gelingt mithilfe kleiner Motoren im Objektiv [16]. Es läuft automatisch ab, *entweder wenn man die Nex-6 einschaltet und sie dann auf ein Motiv ausrichtet* oder sofern man zu beliebigem Zeitpunkt den Bildauslöse-Knopf halb niedergedrückt. Währenddessen muss der AF im Kameramenü und/oder am verwendeten Objektiv eingeschaltet sein. Beim Drücken ist zunächst der (BIONZ-)Bildprozessor (der NEX-6) aktiv[17], [18]: er wertet in der Kamera Licht-Daten des *Bildsensors* aus: bei Unschärfe auf dem Sensor schickt er den Befehl zum Linsen-Verschieben an die AF-Motoren. *Ob der gewünschte Motiv-Bereich* fokussiert ist, kann man bei der NEX-6 in der Live-View (elektronischen Echtzeit-Ansicht) nachsehen: bei der Nexkamera gehören zur LV Sucher und Kamerabildschirm.

Vergleicht man Beschreibungen von digitalen Kameramodellen zu ihrem jeweiligen Autofokus, fallen Kürzel auf. Was verbirgt sich hinter ihnen?

- Beim Sensor der im November 2012 markt-eingeführten Nex-6 [18] handelt es sich um einen etwa 23,4 mal 15,6mm großen (oft nur APS-C-formatig genannten) CMOS-Chip mit 16 Millionen und 100tausend (16,1 Mega-)Pixeln, von denen viele für den Hybrid-Autofokus verwendet werden können. Sein APS-C ist das

zweitgrößte Sensorformat; das Kürzel bedeutet in advanced (fortgeschrittenes) photo system – classic und bezieht sich auf das klassische Kleinbildformat analoger Kameras mit dem Bildseitenverhältnis 3:2 [19] .

- CMOS steht für die komplementäre Metall-Oxid-semiconductor(Halbleiter)-Herstellungs-Art des Sensors; aufgrund dieser Herstellung enthält ein CMOS-Sensor zahlreiche Funktionen und vorteilhafter Weise komplementär (ausgleichend) zueinander arbeitende Transistoren (Halbleiter - aus Metall und ursprünglich Oxid - für steuerbaren Stromfluss) [5], [20].

Das ältere, manuelle Fokussieren M(F) hatte sich in der Vergangenheit als zeitintensiv herausgestellt, da die Bildschärfe immer durch ruhiges Drehen per Hand am Fokusring der Objektiv-Aussenseite verbessert werden musste.

Zudem begutachtete man die Schärfe durch den augen-großen Kamerasucher und/oder in jüngerer Vergangenheit auf dem handflächen-breiten Kameradisplay, obwohl man sich die Aufnahme später näher und größer ansah, sodass man zu spät Unschärfen erkannte.

Deshalb wird der Autofokus seit dem 1976 von Leitz vorgestellten Prototyp kontinuierlich [21] und eh man sich versieht innerhalb weniger Jahre und Wochen weiterentwickelt.

2.3 Arbeitsprinzipien des hybriden Bildsensors

Ein hybrider Kamera-Bildsensor innerhalb der Automatik *kombiniert* zwei AF-Technologien[22]. Sie werden in den folgenden Abschnitten erklärt. Bei aktiviertem Multifeld-AF-Modus bevorzugt jede Technologie die *Mitte des Motivs*; denn der Sensor befindet sich in der Regel hinter einem symmetrischen Objektiv mit zentraler, optischer Achse sowie Linsen-*Mittel*-Ebenen; am Bildrand hingegen ist die Wahrscheinlichkeit für vielerlei Abbildungsfehler groß.

2.3.1 Kreuzsensoren für den schnellen Phasenautofokus

Repräsentiert wird der Phasen-AF [22] bei der Sony-Kamera sowohl auf deren querformatigen Display als auch gleichermaßen im elektronischen Sucher.

Dort erscheint nur im zentralen Bereich ein rechteckiges „Phasenerkennung AF-Feld“ [23] aus 11mal 9 Kreuzen, wenn man es vorher im Kameramenü unter „Einstellungen“ aktiviert hatte.

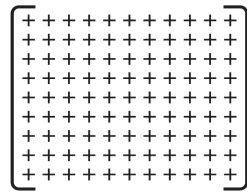


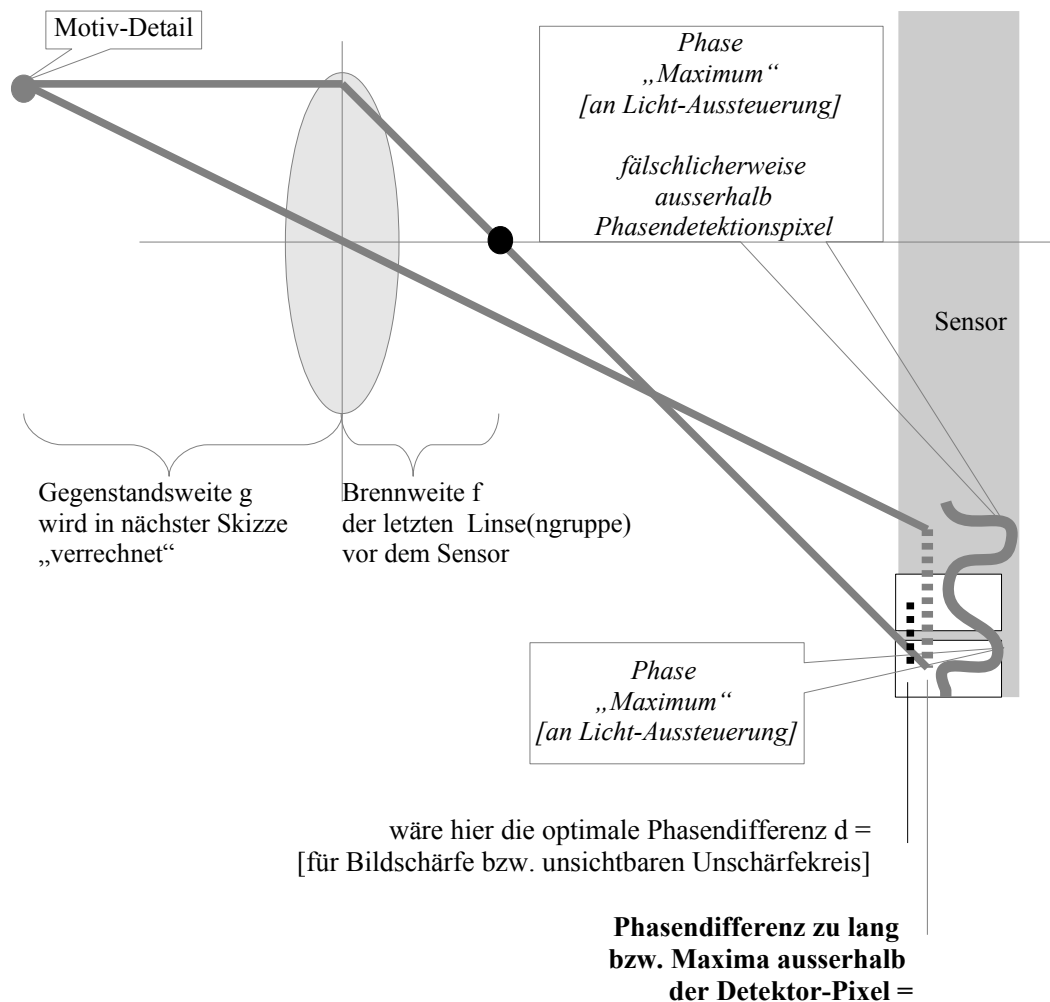
Abbildung 1:
Phasenfeld [23]

Die Kreuzsensoren in der Bildsensormitte bestehen jeweils aus einer Sensorpixelzeile und -spalte. Hat das Bildmotiv senkrechte Kanten, durchlaufen viele von ihnen eine waagerechte Sensorzeile. Die Zeile ist somit für das Detektieren (Aufspüren) der senkrechten Motiv-Strukturen da. Genau anders herum verhält es sich mit den vertikalen Spalten und horizontalen Motiv-Kanten.

Diese Phasendetektoren erkennen wie folgt bei der Sony-Kamera erst [24] einmal besonders schnell, wo sich in ihrem Blickfeld ein Motiv mit seinen Kanten von der Kamera aus befindet:

Nach welchem Prinzip [25] die *Richtung erkannt* wird, veranschaulichen etwa zwei das Prinzip des Daumensprungs [26] und nebeneinander liegende Augen im Gesicht des Menschen: Angenommen, eine Person betrachtet mit beiden Augen ein *Objekt* und hält den Kopf dabei still. Währenddessen bemerkt sie im Augenwinkel z. B. einen Gegenstand, der *neben dem Objekt* ist. Beim *Objektbetrachten* und abwechselnden Augen-Zukneifen sieht sie folgendes: den Gegenstand abwechselnd als zwei benachbarte Abbildungen, denn jeder Sehkörper hat diesen Gegenstand in einem Augenwinkel und befindet sich ja nicht an der Stelle des Nachbar-Auges. Das Gehirn kann mittels mehrerer Abbilder auch ohne Augen-Zuhalten registrieren, wenn der Gegenstand bzw. dessen Richtung noch nicht anvisiert ist. Zum Anvisieren dreht zunächst der Mensch bewusst beide Augen zu einer Seite. Daraufhin bewegt das Gehirn, ohne dass die Person es merkt, beide Sehkörper leicht aufeinander zu in Richtung des einen Gegenstandes. Die unbewusste Bewegung geschieht, bis das Gehirn realisiert, dass die Abbilder *zu einem Bild verschmelzen und somit die Motiv-Richtung erreicht* ist. Durch das Überlagern kann das Motiv *ohne irritierend gegeneinander verschobene, nur teilweise überlagerte Abbildungen* betrachtet werden. Das digitale Erkennungsprinzip der Motiv-Richtung in einer Kamera ist ähnlich: Es dienen mindestens zwei Bildsensorpixel in definiertem Abstand zueinander der Motiv-

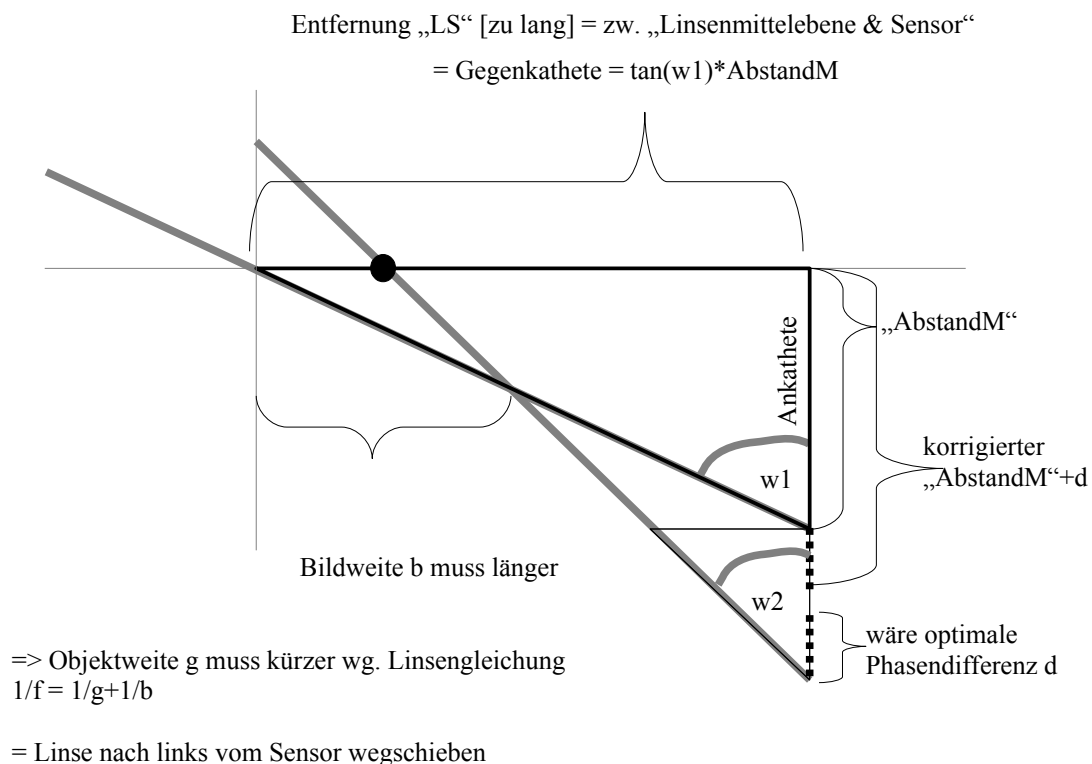
Richtungserkennung: Sie nehmen das Licht eines Motiv-Details *jeweils* unter einem *Blickwinkel* auf, den der Bildprozessor erkennt. Jeder Blickwinkel des Bildsensors resultiert aus einem Linsen-Brechungswinkel und ergibt sich bei jeder Linsenverschiebung (s. o. Text „Fokus“). Dort, wo ein Lichtstrahl in diesem Winkel den Sensor trifft, ergibt sich in einem der Pixel ein *helles Maximum* (s. u. Skizze, [25]). Der Prozessor kann die Abstände zwischen den Maxima messen. Falls die Maxima *optimal* weit auseinander liegen (s. schwarz gepunktete Linie), entsteht auf dem Sensor ein *tolerabler* (s. o. Text „Schärfe“) Unschärfekreisdurchmesser; in dem Fall bedarf es keiner Linsenverschiebung im Zuge des Autofokussierens. - Wenn die Helligkeitsmaxima (Maximums-Phasen) hingegen eine fehlerhafte Distanz (Phasendifferenz) zueinander haben, müssen Linsenentfernungen geändert werden, damit helle Stellen zu einem Bildpunkt pro Motiv-Detail verschmelzen.



Skizze 7: Prinzip der Phasenerkennung [gez. Caroline Wegener, angelehnt an Q. 25, 26, 27]

Phasendifferenz-Vergleich: Anlass zur Bildprozessor-Berechnung einer Linsenposition mit besserer
Bildschärfe

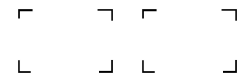
Anhand der gemessenen Phasen-Abstände, welche senkrecht zu den (Linsen-)Entfernungen im Kameragehäuse angeordnet sind, sowie mittels der Blickwinkel und – dem Prozessor bekannter – Position der Sensormitte (s. u. Skizze „AbstandM“) lassen sich *Distanzen für korrigierendes Linsenverschieben* berechnen; Rechengrundlagen dafür sind z. B. die Winkelfunktion $\text{Tangens}(\text{Winkel}) = \text{Gegenkathete} / \text{Ankathete}$, die Triangulation (Dreiecke-Aufspannen) und Trigonometrie [27]. Die Umformung des Tangens hat als Ergebnis die Gegenkathete bzw. zu errechnende Distanz. Errechnet werden soll z. B. die korrekte Bildweite, die bis zum Sensor reicht.



Skizze 8: Triangulation & Co. [gez. Caroline Wegener, angelehnt an Q. 25, 26, 27]

„LS“ und Bildweite sollen aneinander angeglichen werden. Da der Sensor zugunsten seiner elektrischen Verbindungen in der Kamera fest verbaut ist und demnach nicht korrigierend verschoben werden kann, müssen Linsen verstellt werden. Folglich ändern sich dabei Stück für Stück die Winkel w1 und w2. Der Rechenansatz zur Distanz-Änderung ist $\tan(w1) * (\text{AbstandM} + d)$

2.3.2 Messfelder für den genauen Kontrast-AF



Auf dem gesamten Display der Testkamera Sony Nex-6 erscheinen nicht gleichzeitig, sondern nur an einem per Phasen-AF ermittelten Motiv-Bereich, insgesamt 5 X 5 jeweils rechteckige, kleine Kontrastmessfelder [23], die ungefähr die *Messregionen des Bildsensors veranschaulichen*.

Die Regionen messen folgende, optische Unterschiede zwischen den Motiv-Details: Helligkeits-Kontraste, keine Farbunterschiede (s. u. Abschnitt Irritationen), falls die Objektiv-Linsengruppen manche Farblängsfehler nicht korrigieren; es wird nur innerhalb des Grünkanals gemessen, wenn in diesem Fall dessen Brennpunkt in der Mitte der anderen Farben (bzw. der Farblängsfehler) liegt.

Helligkeitsunterschiede liegen fast immer vor, weil ein beleuchtetes Detail meist eine andere Lichtmenge in Richtung Kamera reflektiert als sein Nachbar.

Folglich liegt in einer grafisch darstellbaren Messung mit Graustufen nebeneinander die Helligkeitsstufe *eines Motiv-Details* weit entfernt von der eines unterscheidbaren Nachbardetails, wenn beide fokussiert sind wie in Abbildung1 (s. mittleres Foto namens „3.“ mit hellen und dunklen Motiv-Nachbarpunkten). Durch die Fokussierung verschwimmen keine bis wenige Details zu mittleren Grautönen wie bei einem bereits erwähnten Unschärfekreis (s. o. Skizze).

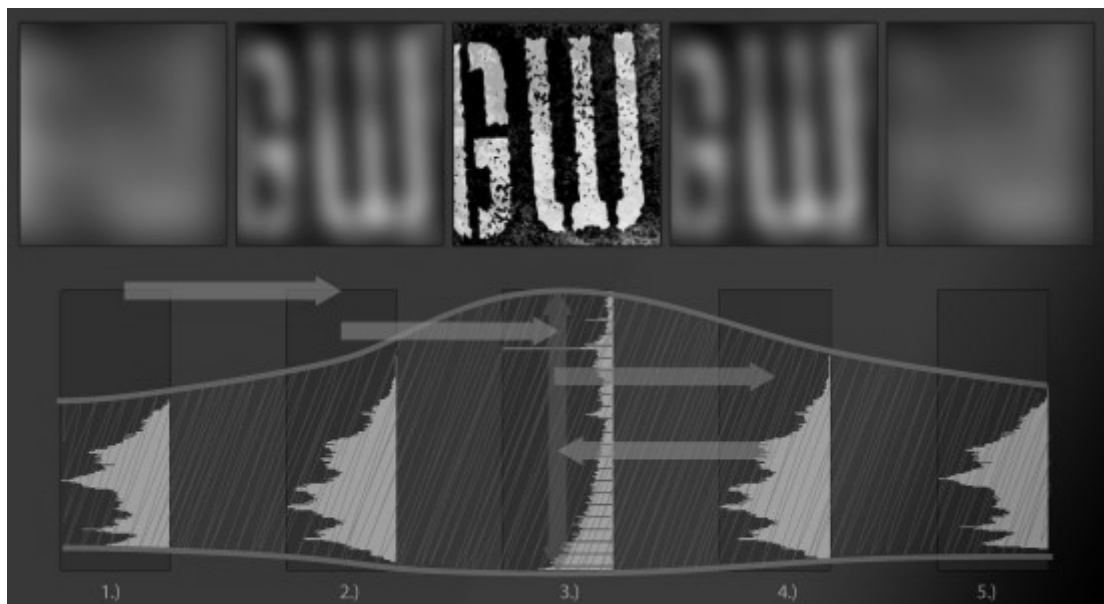


Abbildung2: Kontrast-Autofokussieren am Buchstabenmotiv [25]

In dieser Abbildung ist *oben* Buchstaben mehrmals gezeigt: nicht fokussiert in den Mini-Fotos 1.), 2.), 4.), 5.) sowie fokussiert im zentralen Foto "3.)". Unter den Fotografien sind Histogramme: sie zeigen, wie *weit* die nebeneinander dargestellten *Helligkeits-Abstufungen* des Motivs auseinander liegen

Die am weitesten auseinander liegenden Helligkeitsstufen konnte der Bildprozessor aus den Kontrast-Sensorregionen berechnen: Dafür hatte er mehrmals die AF-Motoren zum Linsenverstellen angesteuert (s. Abschnitt Automatik) - und bei jeder Linsen-Einstellung die Helligkeitsbandbreite gemessen [24, 25].

Bei jeder Linsenposition hatten auch Gegenstands- sowie Bildweite variiert; Unschärfekreise (Defokussierungen) mit verschiedenen, sichtbaren Durchmessern waren dadurch auf dem Bildsensor entstanden.

Die *Durchmesser* der Unschärfekreise stehen in Relation zur variierten Linsen-*Gegenstands-* und *-Bildweite*.

Es gibt zwei Verfahren [28, 29] zur Berechnung und Justierung z. B. einer Gegenstandsweite (Motiv-Entfernung; engl. *depth*), damit die Unschärfekreise auf dem Bild unsichtbar werden:

- Beim Vorgehen DFD (*depth from defocus*) werden während jeder Autofokussierung per halbem Auslöseknopf-Durchdrücken (s. o. Text „Automatik...“) zunächst Kameraeinstellungen und Gegenstandsweite *stark* variiert – ohne dass die Bildweite je Variation *zum Sensor reichend* angepasst wird; stattdessen werden *die großen Unschärfekreis-Durchmesser voneinander subtrahiert*. Durch Verrechnung der Differenzen mit den sehr konträren Gegenstands-Entfernungen resultiert diejenige Gegenstandsweite, deren Bildweite erstrebter Weise bis zum *Sensor* reicht. Auf diese Weise ist *im aufgenommenen Foto/Video* das Motiv wiedererkennbar.

In einer Bildweite pro Linse(ngruppe) entsteht immer ein Motiv-Abbild mit maximal-möglichem Kontrast jeweils zwischen Motiv-Details.

- Der Ansatz DFF (*depth from focus*) ergibt die korrekte Gegenstands-Entfernung, wenn die Bildweite (wegen Unschärfe schrittweise variiert wurde und schließlich) den Sensor erreicht, sodass ein ideal scharfes Abbild (s. o. Text „Schärfe...“) visualisiert wird.

Dass ein scharfes Abbild vorliegt, kann registriert werden durch den messbaren Anteil hoher Frequenzen, hier durch den Anteil kurzer Bild-Abschnitte mit verhältnismäßig vielen Wechseln zwischen niedrigstem und höchstem Helligkeits-Wert.

Falls die Person hinter der Kamera erneut den Auslöseknopf zwecks Autofokussieren halb niederdrückt und wenn der Bildprozessor die gelungene

Fokussierung schon dabei registriert, muss er nicht noch einmal das Linsenverschieben veranlassen.

U. a. aus dem Kehrwert der idealen Bildweite kann in der Linsengleichung die Gegenstandsweite errechnet werden.

Der Kontrast-AF arbeitet mit seinem Linsen-Hin-und-Herschieben und genauen Fokussieren bei der Nex-6 laut Kamera-Werbeanzeigen immer nach der Phasendetektion und ist etwas langsamer als sie.

3. Für die Versuche

3.1 Begriffsklärung für folgendes

Autofokussieren mittels halbem Auslöser-Drücken

im Bereich der Fotografie auch AF locked genannt

[Kontrast-]AF-Feld kann grün leuchten

im Handbuch auf S. 82 „Autofokusbereich“ genannt: liegt auf dem zu fokussierenden Motiv-Bereich; repräsentiert die ungefähre Bildsensor-Region, die beim Autofokussieren hilft

Fokus-Signal oder „fokussiert“-Signal

Piepton &/oder in der LV leuchtender Punkt &/oder grünes AF-Feld

Linsen-Verschieben

unter Fotograf(inn)en „Pumpen“ genannt

Defokussieren

Scharf-Einstellen eines Objekts, das sich in einer anderen Entfernung befindet als das Hauptmotiv; danach ist das erneute Fokussieren des Motivs möglich

3.2 Handbuchbedingungen für hybrides Fokussieren - erklärt

Wenn unter dem Menüpunkt Einstellungen der Kamera das auffällige Phasenfeld in der Bildmitte *aktiviert* ist, wird laut Handbuchseite 33 lediglich ersichtlich, dass die Kamera nicht allein durch Kontrastmessung, sondern unter den folgenden **Bedingungen A) und B)**

auch erst mittels Phasendetektion fokussieren kann. Bei *deaktiviertem* Phasenfeld verhält sich der AF wie bei aktivem Feld; bei besonderem Interesse s. Anhang: Dateiordner **W** → Unterordner **W1**.

Damit man *während einer Aufnahme* die Wahl zwischen Hybrid- und alleinigem Kontrast-AF hat, soll ein nex6-phasenautofokus-kompatibles Objektiv angebracht sein, vgl. S. 133.

Denn die Phasenerkennung kann nur funktionieren, wenn das Licht genau auf den Phasendetektoren auftrifft.

Die dazu nötigen Licht-Einfallswinkel auf dem Sensor hängen von den Objektiv-Linsen selbst und ihren Abständen ab. Aufgelistete, geeignete Objektive findet man auf der Internetseite <http://www.sony.de/support/de/product/nex-6/compatibility>.

Für diese Abschlussarbeit mit 26 Aufnahmeserien von Anhang-Ordner A bis Z war ein nex-kompatibles E-Mount-Objektiv verfügbar. E-Mount gehört zu den Kameramodellen „NEX“ und hat bei der Versuchskamera den *Vorteil*, dass man vor Videoaufnahmen die zu fokussierende *Bildregion frei wählen* kann (vgl. S. 82 unter „Hinweise“ & s. Videos → Ordner **AF_Feldauswahl...**). Die Region heißt im Handbuch auch AF-Feld (s. o. „Begriffsklärung“).

A) Der schnelle Phasenautofokus leistet dem Kontrast-AF nur bei Foto- und nicht bei den Video-Aufnahmen (vgl. S. 133; s. Versuch) Vorarbeit in Form der Richtungserkennung.

Der Phasen-Verzicht [30] ist eine interne Entscheidung der Firma Sony: Weil der Bildprozessor - der im Jahr 2012 markt-eingeführten - Sony Nex-6 nicht leistungsstark genug ist, könnte er gar nicht gleichzeitig das Videosignal und die detektierten Phasen verarbeiten. Zudem liefert der Bildsensor gar nicht synchron mit den Videodaten die Phasen-Informationen aus Sensorzeilen sowie auch -spalten an den Prozessor. Bei den fünfundzwanzig Bildern pro Sekunde kann die im Allgemeinen nur zeilenweise abgewickelte Kontrastmessung hingegen stattfinden.

Bei dem aktiviertem AF-Feld namens Multifeld-AF (s. Abschnitt des hybriden Bildsensors) im Menü „Kamera“, „ermittelt“ (s. S. 82) die Sonykamera, welche der 25 AF-[Kontrastmess-]Felder bzw. Kontrastsensoren autofokussieren.

Die Kamera ermittelt also die *Richtung* des scharf abzubildenden Motiv-Bereichs.

→ Infolge dessen ist theoretisch der Nachführ-AF-Modus, welcher die Phasenerkennung *benötigt* (vgl. S. 55, 84; s. Teilversuch), ebenfalls nur für Fotos nutzbar.

B) Die Blendenzahl, die in der Live-View (s. Abschnitt Automatik) sichtbar ist, muss kleiner als oder genau „F6.3“ sein (vgl. S. 133).

Wäre sie es nicht (s. Versuch), würde der mittige Phasenauffokus innerhalb des Bildsensors nicht mehr funktionieren, sondern *nur noch* der über den ganzen Sensor verteilte *Kontrast-AF*. → Welchen Unterschied kann man zwischen Hybrid- und Kontrast-AF ertasten, wenn man die Blende ändert?

Denn mit größerer Abblendzahl würde die bild-zentrale Blendenöffnung am Objektiv geschlossener; somit lägen die Strahlen im Objektiv näher aneinander; ihre Phasen-Unterschiede auf dem Sensor wären so optimal gering, sodass der Phasen-AF keinen Anlass für Linsenkorrekturen finden würde.

3.3 Konzept zur Untersuchung der Bedingungen

Dass man während einer Aufnahme durch die genannten Bedingungen A) und B) in der Hand hat, ob die Nex-6 tatsächlich hybrid fokussiert oder nicht, ist interessant; es bietet sich die Untersuchung der beiden Bedingungen an – unter der Frage, ob man als Kamerafrau/mann merkt, wann man es mit dem Hybrid-Autofokus zu tun hat und wann hingegen nur mit der kontrast-basierten Fokussierung:

Zu A) Wo am Motiv ist die Schärfeebene im *Foto* und im *Gegensatz dazu beim Video*? Dabei sollen pro Foto- und Videomodus die zwei *Nex-Fokussiervarianten mit und ohne* halbes Auslöser-Niederdrücken aus Abschnitt Automatik ausprobiert werden. Im Videomodus soll zudem überprüft werden, ob der phasendetektions-abhängige *Nachführfokus* tatsächlich inaktiv ist und wie das *Videofokussieren ohne AL* gelingt (bezüglich Dauer und zu erkennendem Linsenverschieben zwecks Kontrastmessen).

I. wenn das Motiv im bevorzugten Bildzentrum steht:

Versuchs-Eingrenzung zunächst auf diesen Bildbereich

II. wenn ein Motiv am abbildungsfehler-gefährdeten Bildrand fokussiert werden soll: [ohne dass man zunächst die Kamera bewegt, damit das Motiv in der Mitte liegt; in dem Fall muss man währenddessen den AL zum Fokussieren drücken und festhalten bis man die Kamera zurück bewegt hat]

Interessant ist dabei z. B. die Entfernung des Hintergrunds auszutesten, sodass er im bevorzugten Bildzentrum weniger ausgeleuchtet ist als das Motiv und schwieriger von der Kamera erkannt wird.

Versuchsbegründung zu A): Die Schärfeebene *könnte* variieren, weil der *Phasen-AF* laut Fotofachzeitschriften einen interessanten Motiv-Bereich ermittelt, der bei der Nex-6 im nächsten Moment durch die Kontrastmessung fokussiert werden soll. Entfielen die Phasenerkennung, würde möglicherweise ein anderer Bereich fokussiert. Andererseits ist anzunehmen, dass für den Kontrast-AF ein ähnliches Verhalten programmiert wurde wie für den Hybrid-AF.

Zu B) Wirkt es sich merkbar aus, dass der Hybrid-AF bei schmaler Blende nur die Kontrastmessung verwendet? Dazu soll jedes Fokussieren genau beobachtet werden. Zur Hilfe wird eine Videokamera eingeschaltet und auf die Sonykamera und ihr Display mit Fokus-Signalen gerichtet. Ob sich als Messkriterium die Fokussierdauer oder mehr das Pump-Verhalten der Linsenverschiebung bewährt, wird bei geduldiger Sichtung des Dokumentationsvideos entschieden.

Zu A) & B) Die Erfahrungen aus den Tests sollen genutzt werden, um zu testen, ob der Hybrid-Autofokus in speziellen Situationen gar nicht mehr funktioniert.

Als Auswertungsmethoden dienen

- das Sichten der Aufnahmen
- die Speicherung von Momentaufnahmen aus den Videos
- eine Stoppuhr und ein Videoprogramm jeweils mit Millisekundenanzeige

3.4 Versuchsaufbau



Aufbaufoto 1:

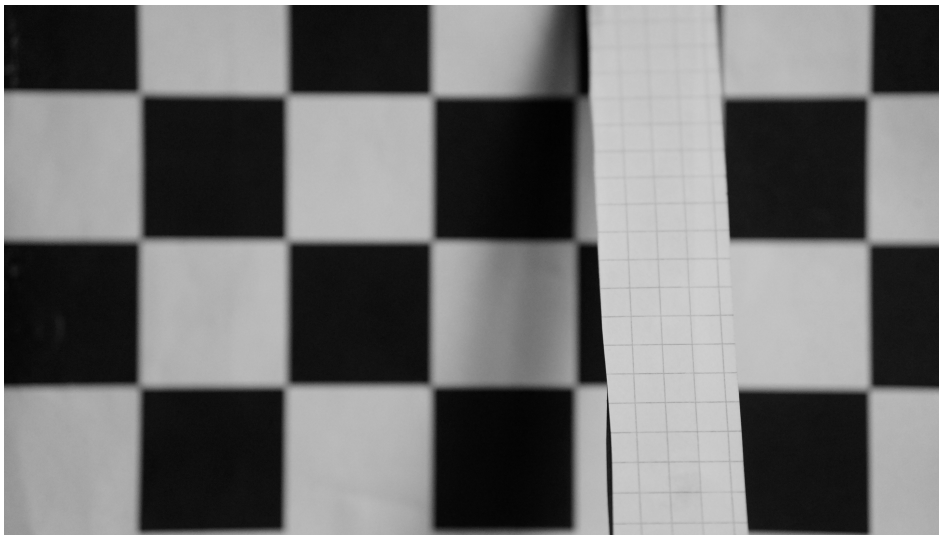
Meist war dieser sichtbare Aufbau sinnvoll [Foto: Caroline Wegener]

Der Aufbau für die meisten der 26 Teilversuche kombinierte folgende Elemente:

- eine gleichmäßige Ausleuchtung von etwa 461000 Lux am Objekt
- die vorhandenen Gegenstände (Scheinwerfer, 2 Stative, eine Leinwand)
- selbst montierte und mitgebrachte Dinge (Testmotive, Fixierungs-Material für die Kameras, ein wackeliges Stativ für einen Spiegel zum Defokussieren)

4. Untersuchungen Hybrid- versus Kontrast-AF

4.1 Foto vs. Video: Schärfeebene im Bildzentrum



Testaufnahme 1: zu Zwischenergebnis1 (s. u.)

Im Bildzentrum bis hin zum Rand befand sich einerseits ein Schachbrettmuster (DateiOrdner W). Die Sony-Bildmitte sieht man in ihrer Live-View bei Aktivierung der 4X4 Gitterlinien (Unterordner W2 → DSC_0041). Andererseits war nur noch gerade eben in der Mitte ein weiteres *Motiv*: ein *kontrast-ärmeres Blatt* mit hellgrau-weißem Karomuster; es hatte eine *kürzere Entfernung* zur Kamera als das Schachbrett [Foto: Caroline Wegener]

4.1.1 Fotomodus & foto-verwandte Videovariante

Zwischenergebnis1:

Fokussiert wurde das *kontrastgeringe, nahe* Motiv bei drei Aufnahme-Methoden mit den verschiedenen Fokussiervarianten der Sonykamera; ganz gleich, ob der Modus AF-S zum Speichern oder AF-C zum kontinuierlichen Nachfokussieren eines bewegten Motivs jeweils beim Auslöser-Drücken aktiv war:

a) bei halbem AL-Durchdrücken zwecks Fokussierung zu beliebigen Zeitpunkten während der *Videoaufnahme* (im Anhang: Dateiordner W → „video_mitALzeKaro“); eine Einschätzung wäre, dass der AF bei jedem Auslöserdrücken Phasen-Informationen erhält – selbst im Video; damit wäre nur beim Drücken der Phasen-AF aktiv;

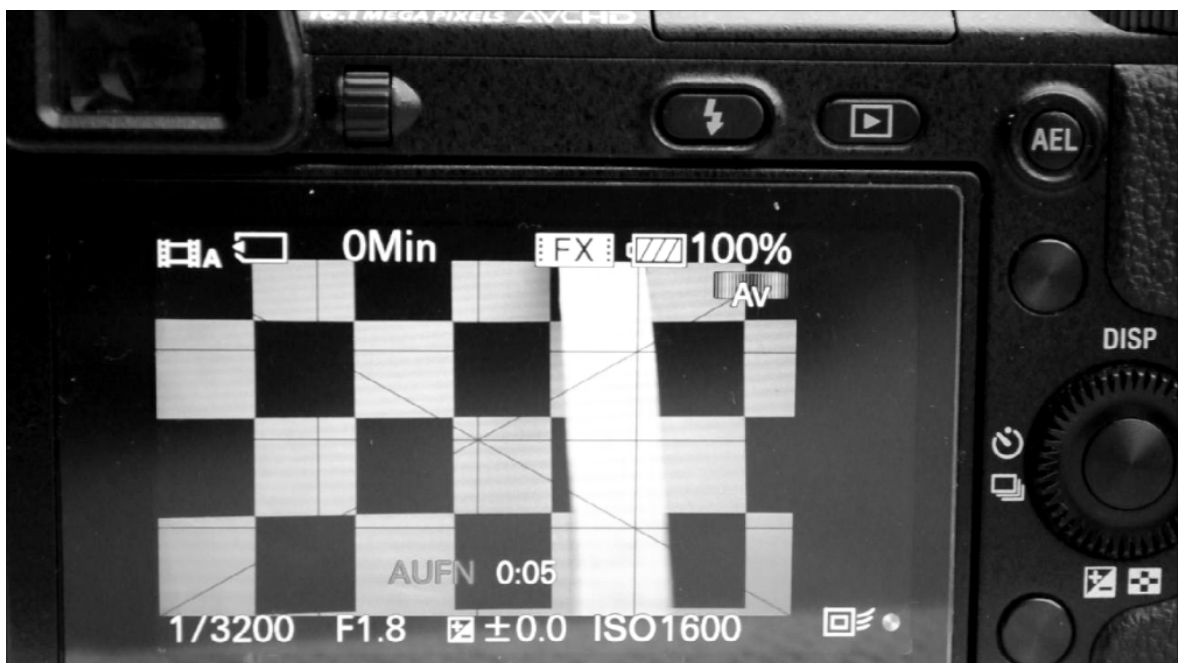
b) & c) in der Live-View im *Fotomodus* mit und ohne halbem Auslöser-Betätigen; dabei entstanden mit AL auch Fotos; ohne AL fokussierte die Nex-6 eigenständig (W → „video_mitALzeKaro“, LVzentrKaroOhneAL, Ordner abFoto_7448)

Alternativ zum Karo-Blatt (s. o.) wird ein *kontrastreicheres* Motiv bevorzugt fokussiert, *sobald es die Bildmitte berührt* und wenn es näher als ein anderes Objekt an der Kamera steht (Unterordner W2 → DSC_0041, Ordner V → Videos 00001+4).

Andererseits wird ein nahes Objekt nicht vorne, sondern *erst in der Mitte scharf eingestellt*, wenn es z. B. schwarz (ohne Kontrast und Helligkeit) ist (V → 00003).

Füllt ein kontrastreiches Objekt wie das Schachbrett das *Zentrum aus* und am Bildrand steht ein kamera-näheres Objekt, wird die Mitte vorzugsweise fokussiert (W → abFoto_7463...).

4.1.2 Videos – normalerweise ohne Auslöser (AL)



Testaufnahme 2: nur Kontrast-AF

Bei der Datei „video__ohneAL...“ (→ W) stellt sich die Schärfe *ohne den AL zu betätigen* innerhalb der Bildmitte vom *vordersten Motiv ausgehend auf ein weiter entferntes, zentraleres (und kontrastreicheres)* ein und bleibt dort (s. Ordner V → wieder Video „00004...“)

Zwischenergebnis 2:

Der Kontrastautofokus verzichtet demnach bei einer Videoaufnahme auf das Hin-und-Hersuchen nach dem stärksten Kontrast, wenn man *[intuitiv und normalerweise]* nicht den *Auslöser* drückt. Nachteil: das dauert auffällig lange im Gegensatz zum Videofokussieren mit Auslöser.

Zwischenergebnis 3:

Bei einer solchen Fokussierung *ohne Auslöser* im Video befindet sich also die Schärfeebene woanders als bei den drei vorigen Aufnahme-Methoden (s. Zwischenergebnis1).

Folge-Frage:

Arbeitet der Phasen-AF, entgegen der Handbuchinformation, in einem Video, falls man während der Aufnahme *mit* Auslöseknopf fokussiert? Diese Vermutung entsteht, weil hier mit AL der gleiche Ort der Schärfeebene zu beobachten war wie im Fotomodus aus Zwischenergebnis1. Folgerung: Dann müsste bei Videoaufnahmen mit AL die Phasendetektion funktionieren und an folgendem erkennbar sein: Der laut Handbuchseite 55 phasen-af-abhängige *Nachführfokus* „AF-C“ für bewegte Objekte würde funktionieren; er ist zum kontinuierlichen Scharf-Einstellen eines bewegten Motivs an *verschiedenen* Positionen vorgesehen. „C“ steht für engl. continuous.

Hält man den Auslöser zum *AF-Nachführen* bzw. Neuberechnen bei der schnellen Einstellung Fotoserie gedrückt, ...

A) ...funktioniert das Nach-Fokussieren in der Live-View für das Fotografieren (Ordner G, z. B. Foto19 bis 24);

B) ...wird die Schärfe beim Videoaufnehmen *nicht nachgeführt*, sondern bleibt auf der ersten Entfernungseinstellung (s. G → z. B. „SonyvideoMitALohneALmitAL“). Hinzu kommt, dass bei eigentlich eingestelltem AF-C mit Beginn der Videoaufnahme zu AF-S (s. Live-View) gewechselt wird!

Zwischenergebnis4:

Diese beiden Zusatz-Untersuchungen aus Ordner G veranschaulichen die Handbuch-Aussage A), dass der (Nachführ-AF mit) Phasen-AF nicht bei Videos mitarbeitet. Drückt man etwa den Auslöser-Knopf von Objektposition zu Position neu, wird das bewegte Motiv zwar stets wieder fokussiert, aber dann sieht man bei jedem Knopfdruck das Hin-und-Herfahren der Objektivlinsen zwecks Kontrastmessung (Nachteil), was ein Anschauen des Videos stören würde: Das Motiv wechselt stets den Schärfegrad und die Bildgröße in der Live-View.

4.2 Foto vs. Video: Schärfeebene am Bildrand

4.2.1 Fotoversuche



Testaufnahme 3: Randfokussierung

zu Zwischenergebnis10 [Foto: Caroline Wegener]

A) mit *Zwischenergebnis10*:

Stellt man ein kontrastreiches Motiv am Bildrand in den Vordergrund nur 35 cm von der Kamera entfernt [→ vorteilhaft wenig Schärfentiefe vor u. hinter dem Motiv], wird es dort bei großer Blendenöffnung [→ vorteilhaft wenig Schärfentiefe] *sofort* fokussiert, wenn man den homogenen Hintergrund weit vom Objekt entfernt (vorfindet):

I. Die Fotos in **Unterordner B1** (aus Ordner B) zeigen den *80cm vom Motiv entfernten*, fokussierten Hintergrund (verschiebbare Beamer-Leinwand) mit unscharfer Tafel als Motiv.

II. Beim Entfernen der Leinwand auf *einen Meter* wurde die Tafel schon häufiger scharf abgebildet (B → **B2**):

a) In zunächst 40 Fotos, die innerhalb von fünf Minuten aufgenommen wurden, sind immerhin 4 Fotos mit fokussierter Tafel zu sehen (s. _DSC5605 bis _DSC5644).

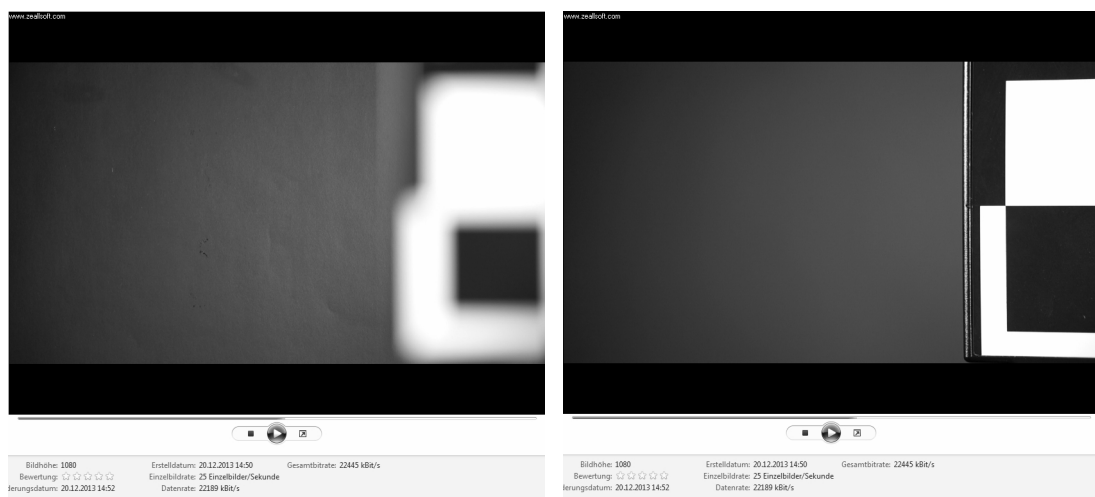
b) Innerhalb von acht Minuten mit Kamera-Erholungszeiten zwischendurch entstanden insgesamt ungefähr 5mal mehr bzw. 11 Bilder von 19 Bildern mit fokussiertem Objekt.

II. Als der *Abstand 1.30m* betrug, war das Motiv endlich auf jedem Bild klar sichtbar (Ordner B3).

B) mit *Zwischenergebnis11*:

Aktiviert man die *Objektverfolgung für Fotos oder die Gesichtserkennung* und legt jeweils ihren Rahmen über ein Motiv am Bildrand, *bevorzugt* die Kamera die AF-Randmessfelder (Ordner C_ Fotos ab „_DSC5539“ mit selbst moduliertem Gesicht & „LVa...“). Die Gesichtserkennung funktioniert auch mit einem gemalten Gesicht. (C → „LVb...“ / alternativ Foto „LVdoku...“ – jeweils aus Doku-Kamera; zeigt Sony-Display) Sie basiert demnach nicht auf Abstandsmessungen zwischen Kamera und jeweils beispielsweise hervorstehender Nase oder Mund.

4.2.2 Videoversuche



Veranschaulichung 1: Videofokussieren

links mit AL, rechts ohne AL-Knopf

[Aufnahmen: Caroline Wegener]

Zwischenergebnis12a:

Die Hintergrund-Entfernung vom Motiv war jedoch bei Videoaufnahmen nicht primär relevant für die Motiv-Fokussierung am Rand. Wichtiger war, dass man den *Auslöser-*

Knopf losliess: Im Unterordner „Bvideos...“ zeigt Video 21 eine variierende Schärfeebene abhängig vom Auslöser-Drücken (- das entspricht Zwischenergebnis3):

Die Schärfe des Bildrandmotivs wurde nur nach jedem Auslöser-Loslassen eingestellt (Ordner B, vid21screenshot) und wie folgende Versuchs-Varianten bestätigen:

A) Der AF erzielte die Schärfe alternativ *mit* Auslöseknopf-Drücken nur, als man *direkt* nach dem vorigen Schärfe-Einstellen drückte (vid21screenshotAL, vid21scre...ALfokus).

B) Hatte man jedoch erst einmal ein Objekt in einer anderen Entfernung als das Motiv scharf eingestellt (z. B. vid21a_DEFOKUsscreenshot), misslang das darauffolgende *Fokussieren* mit Auslöser (vid21b_mitALmissluFokuScreenshot); es *gelang erst wieder beim AL-Loslassen* (vid21c_FokuScreenshot); so u. a. in Video 22 beispielsweise ab ca. seinem letzten Siebtel auf (video22a... & video22bScreen...).

Passend zu A und B verfällt bei einer vom Motiv aus gemessenen Hintergrund-Entfernung von nur *einem Meter* wie in letztem *Fotoversuch* das Bildrand-Motiv in Unschärfe, *während man den Auslöser betätigt* und wird erst fokussiert, sobald der Auslöser losgelassen wird (Videos „vi00“, „vi0_01“, s. Screenshots „vi0...“).

Zwischenergebnis12b:

Da es mit AL im Gegensatz zum Fotoversuch aber immer und sehr unscharf wird, verhält sich der *Autofokus anders* als in dem hybriden Fotomodus.

[Screenshot „vi01_A...“ und Foto „Verglei01_A...“ beweisen die gleiche Hintergrundentfernung von einem Meter bei den Foto- und Videoversuchen, indem man die Hintergrundstruktur in beiden Fällen verhältnismäßig gleich groß sieht.]

4.2.3 Gelingen des video-freundlichen Fokussierens ohne Auslöser

Unter „Gelingen“ ist z. B. das Messen der auffällig langen Dauer und des nicht ruckartigen Verhaltens zusammengefasst. Das Motiv war eine Minileinwand mit schwarzen Buchstaben und Linien in alle Richtungen. Wie für Videos typisch, wurde Bewegung aufgenommen:

I. Bewegung von Kamera & Minileinwand aufeinander zu (Videos: Ordner P → „P1“)

a) bei kontinuierlichem Bewegungs-Tempo pro 2.5m Strecke

i) 5 Sek. (Ordner „5Seku...“) = $2.5\text{m}/5\text{s} = 0.5\text{m/s}$

→ Unschärfen sichtbar

ii) 10 Sek. (Ordner „10Seku...“) = 0.25m/s

→ es sind jeweils Unschärfen von 2 bis 3 Sekunden erkennbar

iii) 15 Sekunden (Ordner „15Seku...“) = ca. 0.167m/s

→ man sieht leichte Unschärfen jeweils von ca. einer Sekunde

iv) 20 Sekunden (Ordner „20Seku...“) = 0.125m/s

→ keine Unschärfen während der Fahrt auffällig

Zwischenergebnis5:

Ein leicht schnelleres Autofokussieren bei bewegten Objekten wäre wünschenswert. Beim vorliegenden Tempo iv) lassen sich die meisten Bilddetails erkennen; Motive sollten also optimalerweise Geschwindigkeit iv) mit $2.5\text{m}/20\text{s} = 0.125\text{m/s}$ haben.

b) Tempi i) bis iii) mit helfenden Pausen (P1 → Ordner „zu_schnell...“):

Datei-Detail: Video 00054 und 73 beinhalten die Geschwindigkeiten i) bis iii). Beide Aufnahmen haben insgesamt 6 Kamerafahrtpausen, in denen der Autofokus ohne Auslöser-Drücken aktiv war.

Jeweils Pausenbeginn mit unscharfem - und Pausenende mit *fokussiertem* Motiv wurden als Screenshots des Videoprogramms mit sichtbarer Zeitleiste abgespeichert. Die Pause betrug z. B. vom Anfang („00054screensho2a“) bis zu ihrem Ende namens „00054screensh_2b_1Sek71“ eine Sekunde und 71 Millisekunden.

→ Dieses Fokussieren klappte folgendermaßen: Die sechs Bewegungspausen bzw. *Fokussierzeiten* mit den Längen 1.16, 1.71, 1.41, 2.25, 1.70 und 1.02 Sekunden dauerten *im Schnitt ca. 1.54 Sek.* Die durchschnittliche Dauer ist vertretbar.

Zwischenergebnis6: Also müsste nach Möglichkeit für eine optimale Bildschärfe die Bewegung in der Aufnahmeszene um etwa eine Sekunde *angehalten* werden (Person/Tier zum Stehenbleiben anleiten) oder mit einer *Kamera-Gegenbewegung* kompensiert werden.

II. Kamera und Leinwand parallel zueinander (U'ordn. P2)

Untersucht wird in a) eine (Leinwandseitwärts-)Bewegung aus dem Bild heraus, weil das Bild sich damit *stärker ändert*, als in Versuch I.

→ Demnach könnte der AF bei *Seitwärtsbewegungen Schwierigkeiten* haben.

a) bei kontinuierlichem Beweg.-Tempo für 0.529m Strecke (Videos „1__“ bis „3__“)

1. $0.529\text{m} / (40\text{Sek.} / 22 \text{ Strecken}) = \text{ca. } 0.290\text{m/s} = \text{ca. Tempo iv) aus „I.“}$

→ Minileinwand unscharf

2. $0.529\text{m} / (42\text{Sek.} / 10 \text{ Strecken}) = \text{ca. } 0.126\text{m/s} = \text{ca. iv) aus „I.“}$

→ Schärfe ab fünfter Stecke

3. $0.529\text{m} / (45\text{Sek.} / 05 \text{ Strecken}) = \text{ca. } 0.059\text{m/s}$

→ AF hat Zeit, auf jeder Strecke Schärfe einzustellen

Zwischenergebnis7:

AF funktioniert wie oben vermutet inkl. Anlaufschwierigkeiten [bei unwesentlich schnellerem Tempo 0.126m/s bzw. bei nur 0.001m mehr pro Sekunde als] bei Tempo iv) mit 0.125m/s.

b) Pausen & plötzlich weitere Leinwand parallel im Bild, während Minileinwand steht (Ordner „ObjPloetzlich“) - Nach wie vielen Sekunden muss man mit der „plötzlichen“ Fokussierung rechnen? Mit einer Millisekunden-Stoppuhr wurde die lange Fokussierzeit des AF ohne Auslöser gemessen:

Objekt Vordergrund	Fokussierdauer [s,ms] ohne Auslöser-Drücken
1	(unfokussiert)
2	2,32
3	(unfokussiert)
4	1,71
5	3,80
6	1,20
7	(unfokussiert)
8	1,7
9	2,9
10	2,93
<i>Durchschnitt</i>	2,76

Tabelle 1: plötzlicher Vordergrund

Objekt Hintergrund	Fokussierdauer [s,ms] ohne Auslöser-Drücken
1	1,16
2	3,29
3	1,71
4	(unfokussiert)
5	„ “
6	3,83
7	(unfokussiert)
8	2,24
9	(unfokussiert)
10	„ “
<i>Durchschnitt</i>	2,446

Tabelle 2: plötzlicher Hintergrund

Zwischenergebnis8 zu b) mit plötzlichem Vorder- sowie Hintergrund (s. u.):

Nach durchschnittlich 2.603 Sekunden = $(2.76+2.446)/2$ (s. Tabelle1 u. 2) wird das plötzliche Objekt [die Beamer-Leinwand] fokussiert.

c) Gesicht bewegt sich plötzlich ins Videobild (s. Tabelle3 und Unterordner P2)

	Fokussierdauer [s,ms] der Gesichtserkennung	
Gesicht	Video „Gesicht1“ mit Screenshots	Video „Gesicht2“
1	05,2	05,24
2	03,3	05,29 <i>ab hier mit Grimasse</i>
3	04,35 <i>ab hier mit Grimasse</i>	05,85
4	23,38 Gesi. z. T. abgewandt	23,73 Gesi. z. T. abgewandt
5	04,59 korrigiert	01,28 korrigiert
6	02,49	07,73
7	03,96	(04,16 z. T. abgewa. → unfokussiert)
8	19,67 Gesi. z. T. abgewandt	03,05 korrigiert
<i>Durchschnitt</i>	8,3675	ca. 7,4529

Tabelle 3: Gesicht bevorzugender AF

Zwischenergebnis 9 zu c): Nach angeschalteter Gesichtserkennung und durchschnittlich $(8.3675+7.4529)/2 = 7.91$ Sekunden muss man damit rechnen, dass das ursprünglich fokussierte Motiv (die Minileinwand) wegen des Gesichtes unscharf wird.

4.2.4 Videofokussier-Verhalten

Bei allen bewegten Motiven sah man ein *sanftes* Schärfe-Nachziehen des Kontrast-AF. Es *fiel* aufgrund der Bewegung keine andere (*Linsen-)*Bewegung aus dem Objektiv für das Kontrastmessen *auf*. - Bewegt sich aber das Gesicht aus dem Bild heraus, sodass ein stehendes Objekt, z. B. die Leinwand, übrig bleibt, sieht man ab diesem „Zeitpunkt 0“ *folgendes Fokussierverhalten* ohne AL im Video: [Voraussetzung: Video bildweise im PC anhalten, während man es ansieht und dabei Momentaufnahmen abspeichern.]

1. Das Video-Bild wird, mit der Bildweite vor dem Sensor, um wenige Millimeter größer.

2. Es verkleinert sich und

3. *wächst* wieder u. s. w. (Dateiordner P → P2 → GesiPlötzlich → „GesiWegbewe...0“).

Beim Wegbewegen des Gesichts blieb die Person aber noch im Raum. Ihre minimalen Bewegungen und Lichtreflexionen in Richtung Kamera könnten der Grund für 2. und 3. sein. - Befindet sich niemand anderes neben dem langsam fokussierten Objekt, *bleiben die Schritte 2 und 3 aus* (Anhang: ... → VideoAFjustieren1.bmp“).

4.3 Blende – schmal versus weit

4.3.1 Gedanken zum Versuch

Hier soll passend zur Handbuchbedingung B) getestet werden, ob der Autofokus bei eng eingestellter Blende, nur mit Kontrast-AF, anders verfährt als bei geweiteter, mit Hybrid-AF. Bei einem Fokussier-Vorgang mit manuell eingestellter Blende bleibt der sichtbare Blenden-Durchmesser gleich (s. Doku in Ordner X). Es bedarf einiger Überlegungen, um einen interessanten Versuch zu kreieren.

Es wird z. B. im Gegensatz zu den Versuchen Foto- versus Videomodus von der Klärung der Frage nach der Lage der Schärfeebene abgesehen, weil die Schärfeebene innerhalb der blenden-abhängigen Schärfentiefe in diesem Versuch stark mit den Blende wechseln würde: Denn je *schmäler* die Kamera-Blende eingestellt ist, desto länger ist die Schärfentiefe (Strecke mit der Bildschärfe) mit ihren eng gebündelten Lichtstrahlen (dünnem/unsichtbarem Unschärfekreis) vor und hinter dem eigentlich fokussierten Objekt.

Die Blende verändert man am „Drehregler“ (s. Handbuch, S. 25); möglich ist das nur in den Aufnahmemodi P, A, S und M – verstellbar am „Moduswahlknopf“ (s. S. 28) auf dem Regler:

Bei der Sony-Kamera verwendete man zur Überlegung und ersten Beobachtung einerseits die weite Blende „F4.0“ - automatisch auf die gegebene Studio-Lichtsituation abgestimmt. Andererseits wurde „F22“ (schmal; Ordner X) manuell eingestellt; diese Werte lagen weit auseinander, um Verhaltensunterschiede mindestens vorläufig, während der Aufnahmen beobachten zu können.

Zur Überprüfung, inwiefern der Sony-Kontrastautofokus wegen geringer Lichtmenge aufgrund schmaler Blende merkbar beeinträchtigt war, wurde zwei Dinge probiert:

- (a) die günstigere Blende „4.0“ aktivierte man auch bei einer rein kontrast-autofokussierenden Nikon-Kamera; danach wurden das Nikon- und das erschwerte Sony-Kontrastmessen verglichen; Sony schaffte das Fokussieren bei „F22“ nur 0,03 Sekunden langsamer als Nikon bei „F4.0“; damit lag Sony „im Rahmen“;
- (b) auch zwei Videos (nur Kontrast-AF) mit jeweils stark unterschiedlichen Blenden entstanden („F11“ und „F1.8“); verglich man sie z. B. mit bloßem Auge, bemerkte man die kürzere Dauer des Autofokussierens bei der weiten „F1.8“ (Dateiordner K__F11u1_8); den Zeitunterschied kann man auch bei Betrachtung der

unterschiedlich langen Videos ausmachen: jedes Video begann mit dem Fokussieren mittels Auslöserdrücken und wurde mit Ende des Scharf-Einstellens durch Stoppdrücken abgebrochen; die Fokussierdauer war also geringfügig blenden-abhängig und wenig geeignet für einen Versuch, ob sie sich veränderte, ob der Hybrid-AF bei offener Blende vollständig funktionierte oder nicht.

4.3.2 Beobachtung mit Bestimmung der Messkriterien

Neun Fotos entstanden pro Blende (s. u. Tabelle).

Das Beobachten der kurz blinkenden Fokus-Signale auf dem Display wurde mit einer aufnehmenden Dokumentations-Videokamera unterstützt.

Zwischenergebnis 13: Während des *Fotografierens* konnte man keine Tempo-Unterschiede zwischen dem Hybrid- und dem Kontrast-Autofokussieren beobachten; die wenig Licht durchlassende Blende 22 erschwerte damit das Scharfstellen kaum.

Vor *jedem* Foto war das *mehrfache Linsenverstellen* als Beleg für den permanent aktiven Kontrast-AF bemerkbar - vor allem durch millimeterweise wechselnde Bildgröße und Schärfe in der Live-View, wie in vorigem Text unter „Nachführ-Fokus“. Eine genaue *Betrachtung* ist dieses Linsenverschieben entsprechend 4.2.1 (b) pro Blende wert. Denn möglicherweise findet die Kontrastmessung mit *funktionierendem* Phasen-AF, bei geöffneter Blende, *weniger* statt.

Es bot sich zunächst entsprechend 4.2.1 (a) zur Unterscheidung der Fokussierungen im Fotomodus die *Messung jeder Fokussierdauer* an; mit der Dauer ist die Zeit zwischen halb durchgedrücktem Auslöser-Knopf und gelungener Fokussierung laut Kamera-Signalen gemeint. Alle Fokussierungen wurden in einem Video aufgenommen. Mittels Messwerkzeug (s. u.) konnte nicht nur die Dauer festgestellt – sondern das Video auch in die Fokussierabschnitte zertrennt werden. Die Abschnitte dienten dazu, das Linsenverschieben a) bei jedem Fokussieren schnell aufzufinden und zu analysieren.

4.3.3 Messwerkzeug für den Fokussiervorgang selbst konstruiert

Aufgrund der Kenntnisse aus einem Videoschnitt-Praktikum eröffnete sich folgende Idee mit Umsetzung: Das Doku-Video zum Textabschnitt Beobachtung, welches die mehrmals

fokussierende Sony-Kamera zeigte, wurde an einem PC in ein Videobild-Schnittprogramm mit 2stelliger Millisekunden-Anzeige eingespeist.

Die Doku-Aufnahme mit 29 Bildern pro Sekunde enthielt pro Bild ca. 0,03 (ursprüngl. 0,034) Sekunden; wenn es also bei der Sony-Kamera *innerhalb* der ablesbaren 0,03 Sekunden zur Fokussierung kam, war diese Zeit der minimale bemerkbare Fehler innerhalb eines Fokussier-Anfangs oder -Endes.

Falls dieser Fehler eine zeitliche Unterscheidung zwischen Hybrid- und Kontrast-AF unmöglich gemacht hätte, wäre alternativ zur – in Bilder aufgeteilten Videospur - die Tonspur mit dem Fokus-Piepton in ein Audio-Schnittprogramm mit allen sichtbaren Millisekunden 0,xxxx importiert worden; in diesem Fall hätte man die Fokussier-Dauer ablesen können zwischen den beiden (in Amplitudenform) maximal dargestellten Geräuschen bzw. dem Auslöser-Knopfdruck und dem piependen Signalton.

- Um *je Fokussier-Vorgang* einen Beginn sowie ein Ende zu entdecken, fuhr man an der Programmoberfläche mit dem Cursor auf der Videozeitleiste Bild für Bild entlang oder hin und her: Pro Vorgang war der Fokussier-Beginn das Videobild, in welchem sich der Zeigefinger auf dem Auslöser lediglich im Vergleich zum vorangegangenen Bild bewegte; vor dem Beginn zertrennte man die Aufnahme. Das Fokussier-Ende lag vor dem Videobild mit grünen, sichtbaren „fokussiert“-Signalen. Erst *nach* einem solchen Bild wurde je Vorgang die Aufnahme zertrennt und der Videorest gelöscht, damit das Fokussieren als aussagekräftiger Videoabschnitt *inklusive grüner „fokussiert“-Zeichen* in einem verbreiteten PC-Videoprogramm sichtbar war (Ordner J, K: Screenshots der Videozeitleiste und Abschnitte, Ordner O: die Dokuvideo-Abschnitte selbst).

- In den Doku-Videoabschnitten konnte man nun auch Bild für Bild das Kontrast-AF-Verhalten beobachten und von jedem Linsenverschieben mit Bildgröße-Wechsel im Videoprogramm eine Momentaufnahme erstellen.

Fokussier-Dauer [Sek.,Millisekunden] (s. Screenshots → J,K oder s. Videos → O)		
Hybrid-Autofokus	Kontrast-AF	
- der Sonykamera - automatische F4.0 bis 4.5	- der Sonykamera - bei sehr schmaler Blende F22	F4.0 bei rein kontrast-messender Nikon-Kamera <i>nur zur Einordnung der Sony</i>

Fokussier-Dauer [Sek.,Millisekunden] (s. Screenshots → J,K oder s. Videos → O)		
0,7	0,77	1,73
1,33	1,48	2,07
1,31	1,45	2,16
1,55	1,54	1,15
1,43	1,5	0,95
0,96	0,9	1,28
0,81	1,6	1,13
0,8	1,44	0,82
0,82	1,42	1,54
Summe		
9,71	12,1	11,83
Durchschnitt		
ca. 1,07	ca. 1,34	ca. 1,31

Tabelle 4: Fokussierdauer bei Blenden

4.3.4 Auswertung - Zwischenergebnis 14

Der *Hybrid-Autofokus* funktionierte zu seinem Vorteil durchschnittlich ca. 0,27 Sekunden *rasanter* als der alleinige Kontrast-AF; erklärbar ist es damit, dass beim hybriden Fokus die zügige Phasenerkennung der langsameren, genaueren Kontrastfokussierung zuarbeitet (vgl. Abschnitt A.1).

Das verzögerte *Sony-Kontrastmessen bei Blende „F22“* dauerte nicht störend lange bzw. *unwesentlich länger als* das Fokussieren der rein Kontraste vergleichenden Nikon-Kamera mit offenerer Blende „F4“. [Sony war bei schmaler Blende nur 0,03 Sekunden mit einem möglichen Fehler von bis zu 0,03 Sekunden langsamer als Nikon D5000 aus dem Jahr 2009.]

Messwertüberprüfung mit mehr Licht (Dateiordner M)	
Sony-Foto	F22-Dauer [s,ms]
1	0,45
2	0,68
3	0,78
4	0,59
5	0,57
6	0,69
7	0,65
8	0,5
9	0,48
Summe	5,39
Durchschnitt	ca. 0,59

Tabelle 5: Messwertüberprüfung

Der *Kontrast-AF* von Sony mit Blende F22 arbeitete vergleichsweise bei einer helleren Beleuchtung der Stärke 4610 Lux, die nun auf dem Motiv angelangte, im Schnitt 0.74 Sekunden zügiger als bei der vorigen, dunkleren Beleuchtung von 112.8 Lux.

Die Geschwindigkeit war mehr als doppelt so hoch wie zuvor.

[Anmerkung: Das *Hybridsystem* bei F4.0 war durch ein reflektierendes Bildrand-Objekt minimal irritiert und bei der nun helleren Beleuchtung durchschnittlich nur um 0,13 Sekunden *schneller* als vorher.]

Gleichgültig, welche Blende in der Sonykamera eingestellt war, wechselte in der Sony-Live-View bei jedem Autofokussieren zweimal die Bildgröße wie bisher teilweise erläutert im letzten Abschnitt unter „Foto vs. Video“. Die weissen Motivstellen wurden zunächst sehr unscharf und groß, bis sie wieder abnahmen.

4.4 Irritation, Vor- und Nachteile des AF als Zwischenergebnis¹⁵

4.4.1 Motiv mit gleichem Muster in alle Richtungen

Wenn ein in alle Richtungen regelmäßiges Muster oder eine nicht erkennbar (klein-)strukturierte Fläche symmetrisch aufgenommen wird, dürfte z. B. der Phasen-AF nur noch fehlerhaft funktionieren: Denn beim Anvisieren eines Motiv-Bildpunktes aus mindestens zwei Perspektiven möchte der AF prüfen, ob der nur pixel-große Punkt aus einer Perspektive mit sich selbst aus der anderen Perspektive deckungsgleich ist; es kann aber passieren, dass nicht nur ein einziger Punkt die Gleichheit hervorruft, sondern beim regelmäßigen, nur aus Bildpunkten bestehenden Miniatur-Muster auch ein Nachbarpunkt.

Zwischenergebnisse a-c aus Dateiordner I \rightarrow I01:

a) Nimmt man testweise ein *3x7-Schachbrettmuster* symmetrisch auf (s. u. im Ordner: *DSC_0001screenshot* & Video *DSC_0001Schachbrett*), erkennt man Bildschärfe, weil das Muster groß genug ist.

b) Auf den Bildern *DSC7244* bis *7248* sieht man einen *Laser-Pointer* bzw. seinen erzeugten Leuchtpunkt. Dieser überlagert sich auf den Fotos nur teilweise mit sich selbst; er weicht also von einer normalen Punktform ab. Man könnte meinen, der Phasen-AF habe seine Abbildungen aus verschiedenen Perspektiven nicht vollständig zusammengeführt. In der Realität war der Laser jedoch ebenfalls nicht ganz rund – unter Umständen wegen der unebenen Projektionsleinwand.

c) In Fotos einer *Silberleinwand* sieht man kleinste Wandpartikel voneinander getrennt (s. *7032* bis *7048*) und in Bildern einer *grauen Leinwand* (*7075* bis *7086* mit „Grauwand“, Sony-Video „00012...“) sind Wandbeschädigungen scharf abgebildet. Der AF konnte sich offenbar und kann sich wahrscheinlich bei allen Flächen an deren *kleinsten (Material-)Strukturen* orientieren, weil sie selbst für das Auge fast immer sichtbar sind.

Zwischenergebnis15c: Möglicherweise kommt dem Hybrid-AF *zugute*, dass – falls der Phasen-AF die kleinen Strukturen nicht mehr verarbeiten kann - der Kontrast-AF bei der Nex-6 immer aktiv ist *und wenigstens noch Kontraste vergleichen kann*.

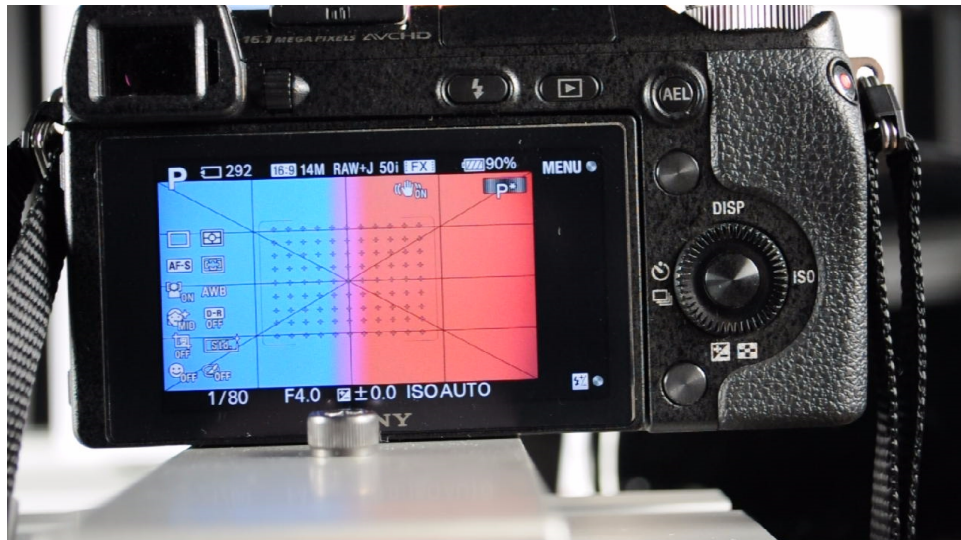
Im Test mit der Silberleinwand beispielsweise, ist die Scharf-Einstellung jedoch insofern nicht möglich, als dass die *Fokus-Anzeige* in der LV nur blinkt (s. Video „DSC_0003sil...“); Blinken bedeutet laut Handbuch, S. 37 die *unerreichte Fokussierung*.

4.4.2 Motiv mit gleichem Muster in zwei Richtungen

Bei einem Motiv, welches *nur in zwei Richtungen* wie z. B. *links und rechts gleich aussieht*, hat der Hybrid-Autofokus der Nex-6 folgende Vor- und Nachteile (*Zwischenergebnisse i-v aus Unterordner I02*):

i) Wie in „c)“ ist die Fokussierung auch in diesem Fall (s. „*vid00GraueFl...*“) *laut Blinken nicht* möglich: In den Fotos *7018* bis *7030* sieht man innerhalb der *zwei grauen Nachbarflächen*, von denen die rechte Fläche leicht dunkler ist, die meisten Drucker-Punkte und ihre weissen Lücken voneinander *getrennt [scharf]*; wahrscheinlich hatte

sich der Autofokus an den wenigen, fehlerhaft gedruckten Zeilen und Spalten auf dem Papier sowie der leicht dunkleren, rechten Bildhälfte orientieren können.



Testaufnahme 4: Rot-Blau [Caroline Wegener]

ii) Beim Fotografieren eines rot-blauen *Farbkontrastes* blinkt *noch nicht einmal das Schärfe-Signal* (video_Farbkontrast). Demnach wird es hier zum Nachteil, dass ein Kontrast-AF im Allgemeinen zum Vorbeugen von Farblängsfehlern (Fokussierungen der Farben in unterschiedlichen Linsen-Entfernungen; s. o.) die *Helligkeits-Kontraste* vergleicht und zudem nicht registriert, dass die eine *Farbe etwas dunkler* ist als die benachbarte. Erkennen kann man den Helligkeitsunterschied im S-W-Ausdruck des Farbkontrastes unter Punkt „i“. Trotz nicht signalisierter Fokussierung sind wie in „i“ Druckschraffierungen zu erkennen – besonders in der *blauen Bildhälfte* (s. Bilder 7049 – 7060):

Die andere, rote Fläche beginnt mit einer Fehlspalte [– ebenso der S-W-Ausdruck].

Die rote Fläche setzt sich zunächst sehr unscharf fort und wirkt dabei, als träte die rote [langwellige] Farbe aus dem Bild in Richtung Betrachter(in)/Fotograf(in) heraus; eine Erklärung dafür ist, dass sich rote „Motiv-“Strahlen noch nicht auf dem Sensor zu Bildpunkten bündeln (s. Text „Fokus...“: Skizze mit u.a. dem Farbquerfehler).

Das „Heraustreten“ sieht man ebenfalls auf Bild „_DSC6385“ in Ordner R (Unterordner ZusatzRGB) und auf seinen Vorgänger- und Nachfolgefotos. [Grund

für die Schärfe des roten Motivs am Nullpunkt, obwohl der Nullpunkt selbst unscharf abgebildet ist: s. „Fokus“ → Skizze mit entfernten & nahen Details]

In einem Sony-Video „00018“ mit dem harmonischen Schärfe-Nachstellen entsprechend „Zwischenergebnis 2“ kann passend zu „Zwischenergebnis 3“ fokussiert werden.

iii) Gegeben ist als Motiv eine *waagerechte Kante* von beispielsweise schwarzer zu weißer Fläche. Dann hat ein Kontrastautofokus z. B. innerhalb eines Hybrid-Autofokus' im Allgemeinen Schwierigkeiten. Denn er verarbeitet die Sensordaten nur zeilenweise [31] und vergleicht sie nach jedem Linsenverschieben; eine waagerechte Kante signalisiert einem AF aufgrund ihres immer gleichen Aussehens nach links und rechts innerhalb einer Zeile *keine* Kontrast-Veränderungen (s. *Doku-Aufnahme vid01waage*: eine von 7 Fokussierungen inkl. Defokussierung, Sony-Video „00017“). *Zwischenergebnis 15*:

Der Hybrid-AF der Nex-6 hat bei einer waagerechten Kante ebenso Schwierigkeiten. Denn er aktiviert stets den Kontrast-AF.

iv) Eine Senkrechte kann vom Kontrast-AF fokussiert werden – selbst bei ganz gering geöffneter, licht-reduzierender Blende, die den Phasen-AF ausschließt (s. Abschnitt 3.1, *Doku-Aufnahme „vid02senkre...“*, Sony-Videos „00013“ & „00014“).

Irritiert man den Kontrast-AF, indem man dem Objektiv vorne ein *Verdeck mit senkrechtem Spalt* („FotoVERDECK“) überzieht, *funktioniert die allein übrige Kontrastmessung* bei Blende „F22“ *nicht mehr* (*Doku-Aufnahme „vid03...“*); denn sie hat um die senkrechte Kante herum pro Sensorzeile nicht genug Platz, um Bildunschärfen bzw. niedrige Kontraste über viele Pixel hinweg zu vergleichen. Video 04 zeigt *bei etwas offenerer Blende 20* nur eine gelungene Fokussierung von sechs versuchten; bei Blende 22 eine von neun. (Daraufhin folgt noch einmal F20 mit zwei von neun.) Bei F18 gelingt das Scharf-Einstellen (ebenfalls) nicht.

In der Doku „vid05_TonNicht...“ wird ab der Videohälfte auch bei weiten Blenden F5.6 und F1.8 die Kante nicht fokussiert. (Anmerkung: erst beim Fokussieren mit Spalt fällt in der Live-View ein *kurzes Blende-Verengen* um ca. einen Millimeter auf.)

v) *Wenn es sich beim Objekt um einen ausgedruckten (Grau-)Verlauf handelt*, signalisiert der AF in der Live-View (s. „vidGra...“) wie in Fall ii) *kein gelungenes Scharf-Einstellen*.

Betrachtet man jedoch die Fotos 7062 bis 7073, kann das Auge den ausgedruckten Grau-Verlauf gerade noch als scharf abgebildet interpretieren, weil es in ihm minimale

Schwarz-Weiss-Strukturen sieht. Der ausgedruckte Verlauf besteht wie andere Print-Erzeugnisse aus rein schwarzen Punkten und Lücken auf weissem Papier. Innerhalb einer Helligkeit bleibt die Anzahl gedruckter Punkte gleich.

Vergrößert man einen Foto-Ausschnitt (s. „...7062vergrTeilPix...“), erkennt man im Grau-Verlauf innerhalb einer Helligkeitsstufe nicht etwa überwiegend dunkle Pixel, sondern neben den dunklen Pixeln mindestens genauso viel hellere Pixel, welche die Übergänge zu den weissen Stellen verschwimmen lassen.

Gesamtergebnis

Zwischenergebnisse zusammengefasst

Bei den folgenden drei Fällen fokussiert die Kamera nicht mehr hybrid, sondern nur noch per Kontrast-Autofokus; es handelt sich um die Fälle: 1. *Videos* der 2012 markt-eingeführten Kamera, 2. schmalen Blenden und 3. nicht kompatiblen Objektiven. In diesen Situationen ...

... werden vorzugsweise Motivausschnitte in anderen Richtungen und Entfernungen fokussiert als bei aktivem Phasen-AF (Zwischenergebnisse 1, 3 u. 12); gleichgültig, ob im Modus AF-S zum Fokusspeichern oder AF-C zum kontinuierlichen Nachführen.

Es sei denn, *man betätigt* im Fall Videoaufnahme, die man im Allgemeinen mit dem roten Extra-Knopf startet, während der Aufnahme zu beliebigen Zeitpunkten zusätzlich den Auslöseknopf: in diesen Momenten bevorzugt der (Kontrast-)AF die Motiv-Regionen, die in derselben Richtung liegen, wie bei Fotoaufnahmen.

... *funktioniert sichtbar* der phasen-af-basierte Nachführ-Autofokus für bewegte Objekte z. B. in Videos nicht (s. Zwischenergebnis 4).

... ist das Kontrastmessen im Fotomodus bei schmalster Blende 22 nur um 0.27 Sekunden langsamer als der vorteilhaftere Hybrid-AF mit gemessenen 1,07 Sekunden Fokussierdauer (bei breiter, phasen- und allerdings auch tempo-begünstigender Blende); zudem unterscheidet sich das ausprobierende Linsenverschieben des Kontrast AFs bei weiter Blende mit vorarbeitendem Phasen-AF nicht von dem bei schmaler Blende (s. Zwischenergebnis 14).

... wird ein bewegtes Motiv, beispielsweise im Video, mit maximaler Geschwindigkeit 0.125m/s ohne Auslöser fokussiert. (*Zwischenergebnis 5*)

... stellt der Kontrast-AF bei Videos nach etwa einer Sekunde scharf, wenn das Motiv sich in schnellerem Tempo als 0.125m/s bewegt & während die Bewegung pausiert. (*Zw. 6*)

.. fokussiert der AF im Video ein plötzlich erscheinendes Objekt nach 2.603 Sekunden, wenn man ihn scharfstellen lässt, ohne dass man den AL halb durchdrückt. (*Zwischen. 8*)

Dem Hybrid-AF signalisiert kein gelungenes Scharfstellen mehr bei:

- annähernd homogener Fläche aus kleinsten Partikeln (*Zwischenergebnis15, i, ii,v*)
- waagerechter Kante (*Zwischenergebnis15 iii*)

→ sie bereitet dem Hybrid-AF wie in der Vergangenheit jedem AF mit Kontrastmessung Schwierigkeiten

- senkrechte Kante, aufgenommen durch einen Spalt in Objektiv-Verdeck/Zaun (*iv*).

Ausblick in die Zukunft

Videoaufnahmen funktionieren seit April 2014 und nach einer eigenen Anfrage im Januar bei der Nachfolger-Nex-6 inklusive Phasenerkennung [30] - dank neuem Bildsensor und 3mal leistungsstärkerem BIONZ-Bildprozessor als noch 2012 bei der Markteinführung der Testkamera. Die Nachfolgerin heißt A6000. Ab nun wird also bei Sony nicht mehr generell nur der Kontrast-AF für Videos genutzt.

Ein Vorteil dessen könnte sein, dass der phasendetektierende Nachführ-Autofokus nun auch im Video auf ein bewegtes Motiv anwendbar ist; somit muss man nicht mehr warten, bis der AF im Videomodus zufällig dieses Motiv scharf eingestellt hat. Ebenso günstig könnte dabei sein, dass der Hybrid-AF bei einem Motiv sowohl im Foto als auch im Video auf *genau* dieselbe Motiv-Richtung bzw. -Region scharfstellt.

Wollte man die perfektionierte Kamera A6000 untersuchen oder mit ihrer Hilfe etwas genau aufnehmen und überprüfen, bedürfte es anderer Fragen, Mittel und Methoden als für die hier erprobte NEX-6 der Firma Sony.

Die Arbeit mit der Wechselobjektiv-Kamera hat zu neuen, fototechnischen Ideen angeregt.

Quellenverzeichnis

- [1] Vgl. DUDEN, Das Fremdwörterbuch, 9. Aufl., Mannheim 2007
- [2] Vgl. Paul A. Tipler, Physik für Wissenschaftler und Ingenieure, 2. Auflage, München 2004, S. 1053, 1055
- [3] Vgl. zum Brennen Internetinformationen von <http://www.physik.wissenstexte.de/brennpunkt.htm>, Seitenmitte, abgerufen am 5.5.2014
- [4] Vgl. zu Kameraschäden <http://www.slashcam.de/info/Gegen-Sonne-filmen-kann-schaden--133946.html>, abgerufen am 5.5.2014
- [5] Vgl. A. J. P. Theuwissen, solid-state imaging with charge-coupled devices, Kluwer 1995
- [6] Vgl. Serges Medien, Grundstock des Wissens - Physik, Köln 2000, S. 119
- [7] Vgl. <http://www.thur.de/philo/tanja/abbildung/farblaengs.htm>, abgerufen am 5.2.2014
- [8] Vgl. https://nikoneurope-de.custhelp.com/app/answers/detail/a_id/46279/~/worin-besteht-der-unterschied-zwischen-einem-farbquerfehler-und-einem, abgerufen am 5.2.2014
- [9] Vgl. zu Farblängsfehler http://einrichtungen.ph.tum.de/E15b/lectures/mw/mw_v02.html, aufgerufen am 5.2.2014
- [10] Vgl. objektivabhängig <http://www.dslr-forum.de/showthread.php?t=365506&page=2>, aufgerufen am 10.2.2014
- [11] Vgl. zu Linsengruppenanzahl <http://www.foto-erhardt.de/product/350042/sony-objektiv-sel-50mm-f1.8-schwarz-sel-50f18b.html>, abgerufen am 11.4.2014
- [12] Vgl. zu Auflösung des Auges <http://inwa.beepworld.de/grenzaufloesung.htm>, aufgerufen am 19.3.2014
- [13] Vgl. zu Unschärfekreis <http://books.google.de/books?>
- [14] Vgl. zu Schärfebene <http://www.unfoto.de/handbuch/schaerfe/fokussieren.php>, aufgerufen am 25.3.2014
- [15] Vgl. zu Schärfentiefe http://www.film-tv-video.de/glossar_entries+M59d1bf55e8d.html?&type=0, aufgerufen am 30.3.2014
- [16] Vgl. zu kleinen Motoren im Objektiv <http://www.colorfoto.de/ratgeber/moderne-af-antriebe-teil-1-1281448.html>, aufgerufen am 15. 2. 2014
- [17] Vgl. Bildprozessor <http://www.prophoto-online.de/fototechnik/Bildprozessor-Das-Herzstueck-einer-Kamera-10007141>, aufgerufen am 15. 2. 2014
- [18] Vgl. BIONZ <http://www.digitalkamera.de/Kamera/Sony/NEX-5T/Sony/NEX-6.aspx>, aufgerufen am 15. 2. 2014
- [19] Vgl. zu APS Informationen des alternativen Wörterbuchs <http://www.awb1.ch/dat/a/aps-c.php>, aufgerufen am 1.3.2014
- [20] Vgl. zu Stromfluss <http://www.halbleiter-scout.de/component/content/article/33-glossar/1300-metalloxid-feldeffekttransistor-mosfet.html>, aufgerufen am 27.4.2014
- [21] Vgl. Leitz <http://www.kameramuseum.de/geschichtliches/history.html>, aufgerufen am 20.4.2014

- [22] Vgl. Phasen- und Kontrast-AF <http://www.fotointern.ch/archiv/2013/03/10/wie-funktionieren-phasen-kontrast-oder-hybridautofokus/>, aufgerufen am 7.2.2014
- [23] Vgl. Sony Corporation, alpha Handbuch NEX-6/NEX-5R, Deutschland 2012
- [24] Vgl. Phasenauffokus, Kontrastauffokus <http://www.colorfoto.de/testbericht/sony-nex-6-test-1443349.html>, aufgerufen am 9.2.2014
- [25] Vgl. zu Phasendetektion, Kontrast-AF <http://gwegner.de/know-how/autofokus-probleme-beim-filmen-von-videos-mit-der-dslr/>, aufgerufen am 11.2.2014
- [26] Vgl. zum Daumensprung <http://www.matheboard.de/archive/477370/thread.html>, aufgerufen am 5.5.2014
- [27] Vgl. Simon, Stahl, Grabowski, Taschenbuch der Schulmathematik, 1. Auflage, Leipzig 1980
- [28] Vgl. J. Ens and P. Lawrence, An Investigation of Methods for Determining Depth from Focus, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, PAMI-15, No. 2, pp. 97–108, February 1993
- [29] Vgl. http://homepages.inf.ed.ac.uk/rbf/CVonline/LOCAL_COPIES/FAVARO1/dfdtutorial.htm, aufgerufen am 3.3.2014
- [30] Vgl. zu Phasenverzicht <http://community.sony.de/t5/a-kameras-mit-wechselobjektiven/nex-6-weshalb-hybrid-af-nicht-bei-video/m-p/1581257>, aufgerufen im Januar 2014
- [31] Vgl. J. Nakamura, Image Sensors and Signal Processing for DSC, Taylor and Francis, 2006, S. 60

Abbildungsverzeichnis

Skizze 1: Fokus pro Farbe (Farblängsfehler) & pro Linse	S. 5
Skizze 2: Folgen der Farblängsfehler	S. 5
1. Probefoto: Farblängsfehler	S. 6
Skizze 3: gefolgerte Erklärung für merkwürdiges Rot-Fokussieren	S. 7
2. Probefoto: merkwürdiges Rot-Fokussieren [Caroline Wegener]	S. 8
Skizze 4: ungefähre Fokus aller Farben zusammen	S. 8
Skizze 5: Motiv entfernt sich unvorhergesehen	S. 10
Skizze 6: Linse ist verschoben	S. 10
Abbildung 1: Phasenfeld	S. 13
Skizze 7: Prinzip der Phasenerkennung	S. 14
Skizze 8: Triangulation & Co.	S. 15
Abbildung 2: Kontrast-Autofokussieren am Buchstabenmotiv	S. 16
Aufbaufoto 1: Meist war dieser sichtbare Aufbau sinnvoll	S. 21
Testaufnahme 1: zu Zwischenergebnis1	S. 22
Testaufnahme 2: nur Kontrast-AF	S. 23
Testaufnahme 3: Randfokussierung	S. 25
Veranschaulichung 1: Videofokussieren	S. 26
Tabelle 1: plötzlicher Vordergrund	S. 29
Tabelle 2: plötzlicher Hintergrund	S. 29
Tabelle 3: Gesicht bevorzugender AF	S. 30
Tabelle 4: Fokussierdauer bei Blenden	S. 33
Tabelle 5: Messwertüberprüfung	S. 35
Testaufnahme 4: Rot-Blau	S. 37

Eidesstattliche Erklärung

Ich versichere hiermit, die vorgelegte Arbeit in dem gemeldeten Zeitraum ohne fremde Hilfe verfasst und mich keiner anderen als der angegebenen Hilfsmittel und Quellen bedient zu haben.

Köln, den 5. Mai 2014

Unterschrift

(Vorname, Nachname)